

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

М.М.Ямшинський

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за напрямку підготовки 6.050402-Ливарне виробництво

(код і назва)

на тему: «Технологічний процес виробництва виливка «Кронштейн» та організація роботи плавильного відділення ливарного цеху»

Виконав: студент 4 курсу, групи ФЛ-51

(шифр групи)

Баннікова Єлизавета Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник к.т.н. доцент Ямшинський М.М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант Економічна частина к.т.н. ст. викладач Нараєвський С.В.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант Охорона праці к.т.н. доцент Запарний В.В.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант Нормоконтроль к.т.н. доцент Федоров Г.Є.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Інженерно-фізичний

(повна назва)

Кафедра Ливарного виробництва чорних та кольорових металів

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 6.050402 - Ливарне виробництво

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.М.Ямшинський

(підпис) (ініціали, прізвище)

«15» квітня 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Баннікової Єлизавети Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Технологічний процес виробництва виливка
«Кронштейн» та організація роботи плавильного відділення ливарного цеху»
керівник проекту канд. техн. наук доцент Ямшинський М.М.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « » травня 2019 р. №

2. Термін подання студентом проекту 11.06.2019 р.

3. Вихідні дані до проекту:

3.1 Потужність 500 т придатних виливків на рік;

3.2 Виробництво серійне;

3.3 Деталь «Кронштейн» зі сталі 35Л масою 0,9кг;

3.4 Лиття за моделями, що витоплюються;

3.5 Номенклатура литва

4. Зміст пояснювальної записки

4.1 Аналіз виробничої програми;

4.2 Режим роботи та фонди часу;

4.3 Проектування плавильного відділення;

4.4 Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка;

4.5 Проектування ливарного устаткування;

- 4.6 Економічна частина проекту; _____
- 4.7 Організаційна частина проекту; _____
- 4.8 Охорона праці _____
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) _____
- 5.1 Креслення плану технологічного відділення ливарного цеху; _____
- 5.2 Креслення литої деталі з елементами ливарної форми _____
- 5.3 Креслення прес-форми для виготовлення моделі); _____
- 5.4 Креслення контейнера в складеному вигляді; _____
- 5.5 Креслення загального виду технологічного устаткування; _____
- 5.6 Порівняльні техніко-економічні показники _____

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	к.т.н. ст. викладач Нараєвський С.В.		
Охорона праці	к.т.н. доцент Запарний В.В.		
Нормоконтроль	к.т.н. доцент Федоров Г.Є.		

7. Дата видачі завдання 15.04.2019 р. _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз виробничої програми	26.04.2019	
2	Режими роботи цеху і фонди часу роботи устаткування і робітників	03.05.2019	
3	Проектування відділення фінішних операцій	10.05.2019	
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка	17.05.2019	
5	Проектування ливарного устаткування	24.05.2019	
6	Організаційна частина	31.05.2019	
7	Економічна частина	07.06.2019	
8	Охорона праці	07.06.2019	
7	Рецензування проекту	11.06.2019	
8	Захист	07.06.2019	

Студент

(підпис)

Баннікова Є.С.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Ямшинський М.М.
(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

<u>№ з/п</u>	<u>Формат</u>	<u>Позначення</u>	<u>Найменування</u>	<u>ушівКількість</u>	<u>Примітка</u>
<u>1</u>	<u>A4</u>		<u>Завдання на дипломний проект</u>	<u>3</u>	
<u>2</u>	<u>A4</u>	<u>ФЛ51.5101.1110.0000.ПЗ</u>	<u>Пояснювальна записка</u>		

[illegible]

Пояснювальна записка **до дипломного проекту**

на тему: «Технологічний процес виробництва виливка «Кронштейн» та
організація роботи плавильного відділення ливарного цеху»

Київ – 2019

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 79 стор., 7 рис., 20 табл., 10 посилань.

В проекті проектується плавильне відділення ливарного цеху потужності 500 тонн придатних виливків за рік із сталі марок 20Л, 25Л та 35Л.

Розробляється технологічний процес виготовлення виливка «Кронштейн» із сталі 35Л (ДСТУ 8781:2018) масою 0,9 кг литтям за моделями що витоплюється.

Результати проектування – розроблена технологія, виконано технічне планування плавильного відділення та ливарного устаткування.

При проектуванні підприємства необхідно забезпечити його високий технічний рівень та економічну ефективність, максимально використовуючи досягнення науки і техніки. При проектуванні даного відділення орієнтувалися на правила та рекомендації щодо проектування і будування, користувалися каталогами типових проектів, чинними нормативами та керівними нормативними документами з ливарного виробництва.

У дипломному проекті також проведено основні розрахунки організаційно-економічних чинників, а також приділено увагу захисту навколишнього середовища та покращенню санітарно-гігієнічних умов робочого місця.

ПЛАВИЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ, КРОНШТЕЙН, ПРЕС-ФОРМА, КОНТЕЙНЕР У СКЛАДЕНОМУ ВИГЛЯДІ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Баннікова			Реферат			
Перев.		Ямшинський						
		М.М.						
Н. Контр.								
Затв.								
						Літ.	Аркуш	Аркушів
							7	
						НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		

ABSTRACT

Diploma project consists of: 79 pages, 7 drawings, 20 tables, 10 links.

The project is designed by the melting department of the casting shop of power 500 tons of suitable castings per year from steel grades 20L, 25L and 35L.

The technological process of manufacturing castings "Bracket" made of steel 35L (DSTU 8781:2018) with a mass of 0.9 kg casting according to the models is being developed.

Results of designing - developed technology, made technical planning of the smelting department and foundry equipment.

When designing an enterprise it is necessary to ensure its high technical level and economic efficiency, using as much as possible achievement of science and technology. When designing this department focused on the rules and recommendations for design and construction, used directories of standard projects, current standards and guiding normative documents on foundry production.

The diploma project also carried out basic calculations of organizational and economic factors, as well as attention to the protection of the environment and the improvement of sanitary and hygiene conditions of the workplace.

FAT SEPARATION, CROCHETTEIN, PRESS-FORM, CONTAINER IN A
SITUATED VIEW, TECHNICAL-ECONOMIC INDICATORS

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Банникова				Реферат		Літ.	Аркуш	Аркушіє
Перев.	Ямшинский							7	
	М.М.						НТУУ «КПИ», ИФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.									
Затв.									

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Мета дипломного проекту – розроблення технологічного процесу виготовлення виливка «Кронштейн» та організація роботи плавильного відділення ливарного цеху, яке має виконувати наступні завдання та задовольняти вимогам:

- для проектування використовувати задану номенклатуру виливків;
- відділення повинно забезпечувати випуск – 500 т придатних виливків на рік;
- максимально застосовувати автоматизацію і механізацію технологічних процесів та окремих операцій, досягнень ливарної науки і технології;

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Баннікова				Техніко-економічне обгрунтування	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Яшинський							
	М.М.							
Н. Контр.						НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Затв.								

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ІСТ – індукційна сталеплавильна тигельна піч;

шт. – штука;

мод. – модель;

мм – міліметр;

см – сантиметр;

м – метр;

т – тонна;

кг – кілограм;

Н – ньютон;

τ – час;

с – секунда;

хв. – хвилина;

ДСТУ – Державний стандарт України;

ГОСТ – Міждержавний стандарт.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Баннікова				Перелік умовних позначень, символів, одиниць та скорочень	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ямшинський							
	М.М,							
Н. Контр.						НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Затв.								

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	13
1.1 Виробнича програма	13
1.2 Аналіз виробничої програми	15
2 РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ	17
3 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ	20
3.1 Дані для розрахунку плавильного відділення	20
3.2 Складання балансу металу.....	20
3.3 Розрахунок необхідної кількості плавильних агрегатів	21
3.4 Футерівка індукційної печі.....	22
3.5 Витрати шихтових матеріалів.....	23
3.6 Загальні витрати електроенергії цеху	24
3.7 Розрахунок витрат стисненого повітря для цеху	25
3.8 Будівельне проектування ...	26
4 ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	28
4.1 Загальна характеристика литої деталі	28
4.2 Сутність процесу лиття за моделями, що витоплюють	29
4.3 Обґрунтування положення моделі у формі й вибір площини рознімання прес - форми	35
4.4 Усадка сплаву	36
4.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь литої деталі.....	37
4.6 Визначення кількості виливків в формі і моделей в прес-формі.....	37
4.7 Розрахунок ливникової системи.....	38
4.8 Прес-форма для виготовлення моделей.....	41
4.9 Контейнер.....	42

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Баннікова				Зміст			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Яшинський									
	М,М,									
Н. Контр.								НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Затв.										

5 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ.....	44
5.1 Загальний опис конструкції печі	44
5.2 Розрахунок тигля	46
6 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	49
6.1. Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників.....	49
6.1.1. Основні робітники.....	49
6.1.2 Допоміжні робітники.....	50
6.1.3 Управлінський персонал.....	50
6.1.4 Загальна чисельність працівників.....	51
7 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	57
7.1 Визначення планової собівартості одиниці продукції.....	57
7.2 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення.....	62
8 ОХОРОНА ПРАЦІ	63
8.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві.....	63
8.2 Аналіз параметрів приміщення.....	64
8.3 Аналіз освітленості приміщення.....	66
8.4 Аналіз шуму та вібрації.....	67
8.5 Аналіз загазованості та запиленості.....	68
8.6 Теплове випромінювання.....	69
8.7 Електробезпека.....	69
8.8 Пожежна безпека.....	70
ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74
ДОДАТКИ.....	75

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Ливарне виробництво являє собою процес під час якого відбувається виготовленням фасонних заготовок або деталей шляхом заливання розплавленого металу в спеціальну форму, порожнина якої має конфігурацію заготовки (деталі). При охолодженні залитий метал твердне і в твердому стані зберігає конфігурацію тієї порожнини, в яку він був залитий. У галузях машинобудування, літакобудування та ін. активно використовуються литі заготовки.

З кожним роком впроваджується усе більше вдосканалень для різних технологій лиття. Основним напрямком удосконалення та розвитку виробництва машин є розширення використання відомих і створення нових технологічних процесів, які дозволяють зменшити витрати матеріалів і енергії, знизити витрати праці, підвищити продуктивність та покращити умови праці, усунути шкідливий вплив на навколишнє середовище та підвищити якість і ефективність виробництва.

Останню чверть століття в ливарному виробництві масово упроваджується лиття спеціальними способами, які мають достатньо переваг перед литтям в разові піщано-глинисті форми : менша матеріаломісткість та енергомісткість, менші витрати праці, є можливість істотно покращити умови праці та зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище. Як приклад , лиття за моделями, що витоплюють дають максимальну точність виливків будь-якої конфігурації , мінімальні затрати, недоліком є тривалість процесу. З плином часу кількість виливків, що виготовлені спеціальними видами лиття зростає, області застосування сучасних процесів отримання виливків у машинобудуванні постійно росте, так само як і удосконалення цих технологічних процесів.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Баннікова			Вступ		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Яшинський						12	79
		М.М,							
Н. Контр.									
Затв.					НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51				

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Виробнича програма

Виробнича програма є базовим документом для розроблення будь-якого технологічного відділення ливарного цеху [1].

Виробнича програма для цеху містить завдання на робочий рік, за який цех випускатиме 500 т придатного литва за рік. Річна кількість виливків розраховується враховуючи річну програму цеху. Даний цех призначений для виробництва деталей для танків та бронетехніки.

Цех, у якому знаходиться задана для розрахунку дільниця, відноситься до ливарних цехів серійного виробництва, для яких номенклатура виливків може складати не більше ніж 200 найменувань і серійність складає не менше 1000 шт в рік. Номенклатура представлена у табл 1.1.

Для виконання річної програми випуску литва в цеху необхідно виготовити певну кількість виробів, для цеху, який проектується, кількість виробів визначаємо за формулою:

$$K = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (1.1)$$

де Π – потужність ливарного цеху: $\Pi = 500$ т.;

m_1 – маса металу, яка необхідна для виготовлення i -го виробу, кг.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Баннікова			Аналіз виробничої програми		Літ.	Аркуш
Перев.		Яшинський						Аркушів
		М.М.					13	79
Н. Контр.							НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51	
Затв.								

Таблиця 1.1- Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Кількість дет. на 1 виріб, шт	Маса виливків на 1 виріб, кг	Габаритні розміри виливка, мм			Режим термічного оброблення
1	ФЛ5101	Ребро 2	20Л	1,50	4	6,00	290	6	144	Норм. 900°С; Відп. 630°С
2	ФЛ5102	Ребро 3	20Л	1,00	6	6,00	336	6	126	Норм. 900°С; Відп. 630°С
3	ФЛ5103	Ушко	20Л	0,03	10	0,30	30	8	22	Норм. 900°С; Відп. 630°С
4	ФЛ5104	Кронштейн	20Л	0,15	10	1,50	52	36	55	Норм. 900°С; Відп. 630°С
5	ФЛ5105	Лист рубки №4	20Л	30,2	1	30,20	1556	4	1622	Норм. 900°С; Відп. 630°С
6	ФЛ5106	Люк вварний	20Л	4,2	4	16,80	220	30	370	Норм. 900°С; Відп. 630°С
7	ФЛ5107	Упор	25Л	0,17	10	1,70	100	20	20	Норм. 900°С; Відп. 630°С
8	ФЛ5108	Ребро 1	25Л	0,85	6	5,10	127	6	148	Норм. 900°С; Відп. 630°С
9	ФЛ5109	Обичайка	25Л	0,43	4	1,72	563,00	8	392	Норм. 900°С; Відп. 630°С
10	ФЛ5110	Лист палуби №2	25Л	0,8	6	4,79	329	25	106	Норм. 900°С; Відп. 630°С
11	ФЛ5111	Кришка 2	25Л	21,20	1	21,20	1714	4	576	Норм. 900°С; Відп. 630°С
12	ФЛ5112	Лист корми нижній	25Л	19,3	1	19,30	2570	6	185	Норм. 900°С; Відп. 630°С
13	ФЛ5113	Опора вала	25Л	1,5	4	6,00	130	76	110	Норм. 900°С; Відп. 630°С
14	ФЛ5114	Кришка 4	25Л	16,4	1	16,40	1602	4	512	Норм. 900°С; Відп. 630°С
15	ФЛ5115	Ребро 4	35Л	0,19	10	1,90	100	6	57	Норм. 900°С; Відп. 630°С
16	ФЛ5116	Корпус замка	35Л	0,34	6	2,04	90	32	32	Норм. 900°С; Відп. 630°С
17	ФЛ5117	Кронштейн	35Л	0,9	12	10,8	150	40	63	Норм. 900°С; Відп. 630°С
18	ФЛ5118	Лист №5	35Л	1,1	6	6,60	560	311	223	Норм. 900°С; Відп. 630°С
19	ФЛ5119	Лист рубки №28	35Л	4,6	4	18,40	311	16	223	Норм. 900°С; Відп. 630°С
20	ФЛ5120	Лист рубки №27	35Л	8,2	1	8,20	340	16	290	Норм. 900°С; Відп. 630°С
21	ФЛ5121	Стійка	35Л	0,25	6	1,50	82	6	95	Норм. 900°С; Відп. 630°С
	Всього			113,31	111	184,65				

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

1.2 Аналіз виробничої програми

Беручи дані з таб. 1.1 виконуємо розрахунок річної кількості виливків кожного найменування. З розрахунків складаємо точну (подетальну) виробничу програму ливарного цеху (табл. 1.2).

Визначимо кількість виробів, що має виготовити завод згідно річної програми:

$$N = \Sigma N / m, \quad (1.1)$$

де N – кількість виливків за рік, шт;

ΣN – потужність ливарного цеху, кг/рік;

m – загальна маса виливків, що виготовляє ливарний цех, кг.

Підставивши дані у формулу, отримаємо:

$$K = 500000 / 184,7 = 2707 \text{ од.}$$

Тобто, якщо цех буде виготовляти 2707 од. продукції за рік, то це задовольнить програму в 500 тонн придатних виливків за рік.

Для власних потреб приймаємо 10% від маси виробничої програми ливарного цеху, тобто 50 тонн.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 - Точна виробнича програма ливарного цеху

Індекс позиції	Група	Найменування	Матеріал	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
								на основні вироби			на з/п		всього	
				деталі	виливка	шт	кг	шт	т	%	шт	т	шт	т
1	1	Ребро 2	20Л	1,3	1,50	4	6,0	9745	14,62	10	1083	6,50	10828	16,24
2	1	Ребро 3	20Л	0,9	1,00	6	6,0	14618	14,62	10	1624	9,75	16242	16,24
3	1	Ушко	20Л	0,0	0,03	10	0,3	24363	0,73	10	2707	0,81	27070	0,81
4	1	Кронштейн	20Л	0,1	0,15	10	1,5	24363	3,65	10	2707	4,06	27070	4,06
5	1	Лист рубки №4	20Л	25,7	30,2	1	30,2	2436	73,58	10	271	8,18	2707	81,75
6	1	Люк вварний	20Л	3,6	4,2	4	16,8	9745	40,93	10	1083	18,19	10828	45,48
7	1	Упор	25Л	0,1	0,17	10	1,7	24363	4,14	10	2707	4,60	27070	4,60
8	1	Ребро 1	25Л	0,7	0,85	6	5,1	14618	12,43	10	1624	8,28	16242	13,81
9	1	Обичайка	25Л	0,4	0,43	4	1,7	9745	4,19	10	1083	1,86	10828	4,66
10	1	Лист палуби №2	25Л	0,7	0,8	6	4,8	14618	11,68	10	1624	7,79	16242	12,98
11	1	Кришка 2	25Л	18,0	21,20	1	21,2	2436	51,65	10	271	5,74	2707	57,39
12	1	Лист корми нижній	25Л	16,4	19,3	1	19,3	2436	47,02	10	271	5,22	2707	52,25
13	1	Опора вала	25Л	1,3	1,5	4	6,0	9745	14,62	10	1083	6,50	10828	16,24
14	1	Кришка 4	25Л	13,9	16,4	1	16,4	2436	39,96	10	271	4,44	2707	44,39
15	1	Ребро 4	35Л	0,2	0,19	10	1,9	24363	4,63	10	2707	5,14	27070	5,14
16	1	Корпус замка	35Л	0,3	0,34	6	2,0	14618	4,97	10	1624	3,31	16242	5,52
17	1	Кронштейн	35Л	0,8	0,9	12	10,8	24363	21,93	10	2707	24,36	27070	24,36
18	1	Лист №5	35Л	0,9	1,1	6	6,6	14618	16,08	10	1624	10,72	16242	17,87
19	1	Лист рубки №28	35Л	3,9	4,6	4	18,4	9745	44,83	10	1083	19,92	10828	49,81
20	1	Лист рубки №27	35Л	7,0	8,2	1	8,2	2436	19,98	10	271	2,22	2707	22,20
21	1	Стійка	35Л	0,2	0,25	6	1,5	14618	3,65	10	1624	2,44	16242	4,06
Всього							184,7							499,86

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

2 РЕЖИМИ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи ливарного цеху потужністю 500 тонн придатного литва на рік залежить від прийнятого режиму виконання операцій технологічного процесу, устаткування та робітників. Від прийнятого режиму роботи залежить організація виробничого процесу.

Найкращим є такий режим роботи, коли всі технологічні операції виконуються одночасно на різних виробничих дільницях. Найбільш оптимальним є двозмінний паралельний режим.

Фактори, які обумовлюють вибір режиму роботи цеху: маса виливка, потужність цеху тощо. Отже, в даному дипломному проекті, приймаємо паралельний – двозмінний режим роботи, що дозволяє раціонально використовувати устаткування і площі цеху.

Далі встановлюємо фонди часу роботи устаткування та робітників. Календарний фонд часу розраховуємо за формулою [3]:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – кількість днів у році, днів;

D – кількість годин у добі, год;

Підставивши дані у формулу, отримаємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу, Φ_n , – це час, протягом якого може виконуватися робота за прийнятим режимом, без урахування планових і непередбачуваних утрат часу. Номінальний фонд часу розраховується за формулою[3]:

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Баннікова			Режими роботи та фонди часу		Літ.	Аркуш
Перев.		Яшинський						Аркушів
		М.М.					17	79
Н. Контр.							НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51	
Затв.								

$$\Phi_{\text{н}} = C \cdot \Gamma, \quad (2.2)$$

де $\Phi_{\text{н}}$ – номінальний фонд часу, год;

C – кількість днів у році, з урахуванням святкових та вихідних днів;

Γ – кількість годин в залежності від кількості змін роботи, 1 зміна – 8 годин;

З урахуванням святкових і вихідних днів рік має 250 робочих днів.

При однозмінному (8-годинному) режимі роботи робочого номінальний фонд розраховуємо за формулою:

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

При двозмінному режимі роботи:

$$\Phi_{\text{н}} = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Дійсний фонд, $\Phi_{\text{д}}$, визначається шляхом віднімання від номінального фонду утрат часу на освоєння виробництва та непередбачуваних утрат.

$\Phi_{\text{д}}$ розраховуємо за формулою зазначеною за посиланням [3]:

$$\Phi_{\text{д}} = \Phi_{\text{н}} - B, \quad (2.3)$$

де $\Phi_{\text{н}}$ – номінальний фонд часу, год;

B – витрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати;

За умови 40-годинного робочого тижня і 4-х тижневій відпустці дійсний фонд часу для робочих становить:

$$\Phi_{\text{д}} = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год}$$

Усі дані щодо режиму роботи цеху та фондів часу наведено в табл. 2.1.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Режими роботи та фонди часу

Інд. поз.	Найменування відділення, дільниці; тип установки	Кількість робочих змін за добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год.		
			устаткування	робітника	
1	Формувально- складально- заливально- вибивальне відділення та відділення механічної	2	3720	1840	
2	Плавильне відділення	2	3720	1840	
3	Відділення підготовки форм та сумішей матеріалів	2	3720	1840	
4	Відділення фінішних операцій	2	3720	1840	
5	Відділення термічної обробки	3	7700	1840	

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАВИЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ

Вихідними даними для розрахунку плавильного відділення є:

- виробнича програма;
- вид технологічного процесу;
- прийнятий режим роботи цеху;
- результати раніше виконаних розрахунків і нормативні дані.

Тип технологічного устаткування вибирають, виходячи з особливостей прийнятого технологічного процесу і умов забезпечення заданої якості продукції. За можливістю, потрібно застосовувати однотипне устаткування, оскільки це значно полегшує його експлуатацію і знижує об'єм витрат на ремонтні роботи [3].

3.1 Дані для розрахунку плавильного відділення

Вихідними даними для розрахунку плавильного відділення є кількість металу кожної марки сталі, необхідна для забезпечення виробничої програми. Для виплавлення сталей використовуємо індукційні сталеварні печі, оскільки вони забезпечують можливість одержання якісного металу і його видачу на місце заливання форм.

3.2 Складання балансу металу

Виробництво виливків у цеху здійснюють зі сталі 20Л, 25Л та 35Л.

Для визначення маси металошавалки необхідно мати значення маси металу, що витрачається на ливникові системи, маси придатного литва за рік, відсоток браку на метал, угар та незворотні втрати.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Баннікова			Проектування плавильного відділення	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Яшинський					20	79
		М.М.				НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.								
Затв.								

В табл. 3.1 розраховано та наведено баланс металу.

Таблиця 3.1 – Баланс металу

Інде кс	Марка сталі	Придатне литво		Ливники, брак		Рідкий метал		Угар і б/в		Металозавалка	
		%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	20Л	68	164,59	27	65,35	95	229,94	5	12,10	100	242,04
2	25Л	68	206,31	27	81,92	95	288,23	5	15,17	100	303,40
3	35Л	68	128,96	27	51,20	95	180,16	5	9,48	100	189,65
	Всього		499,86		198,47		698,33		36,75		735,09

3.3 Розрахунок необхідної кількості плавильних агрегатів

Визначаємо годинну потребу в рідкому металі, тобто продуктивність плавильного відділення за формулою 3.1 [3]:

$$V_{\Gamma} = V_p \cdot \Phi_d, \quad (3.1)$$

де V_{Γ} – середньо годинна продуктивність плавильного відділення, т/год.;

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, $\Phi_d = 3720$ год.

V_p – маса рідкого металу на річну програму, т/рік, $V_p = 698,33$ тонн.

Підставивши дані у формулу (3.1), отримаємо:

$$V_{\Gamma} = 698,33 / 3720 = 0,2 \text{ т/год}$$

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики печі ICT-0,16

Ємність печі ICT-0,16(кг)	Потужність перетворювача (кВт)	Продуктивність печі. т/год	Питома витрата електроенергії на розплавлення та перегрів, кВт/т	Протока охолоджуючої рідини м3/г	Підйом печі
160	160	0,2	1000	6,05	Гідравлічний

Виходячи з наведених параметрів визначаємо кількість печей за формулою[3]:

$$n = V_p \cdot K_n / (\Phi_d \cdot q), \quad (3.2)$$

де n – кількість печей, шт.;

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вр – маса рідкого металу на річну програму, т/рік, з урахуванням 5%;
Кн – коефіцієнт нерівномірності виплавлення і використання рідкого металу,

$$K_n = 1,2 \dots 1,3 [3];$$

Фд – дійсний річний фонд часу роботи печі, год.;

q – продуктивність печі, яка складає 0,20 т/год.

За формулою (3.2) визначаємо необхідну кількість індукційних печей:

$$n = 698,33 \cdot 1,2 / (3720 \cdot 0,20) = 1,13$$

Отже, встановлюємо 2 печі ІСТ-0,16, вказані в табл. 3.2.

Ккд = $1,13/2=0,57$. Коефіцієнт корисної дії є таким оскільки розрахунок проведений з урахуванням майбутнього розширення.

Індукційна плавильна піч ІСТ-0,16 має шафу управління, тигель, індуктор, корпус та струмопровід станції водоохолодження. Тигель розташовується в індукторі.

Шихтові матеріали завантажують в тигель. Через індуктор пропускається струм, створюється магнітне поле, в шихті виникають токи Фуко. За рахунок яких нагрівається і розплавляється шихта. Випуск металу відбувається під час нахилення печі по жолобу. [1]

3.4 Футерівка індукційної печі

Футерівка індукційних тигельних печей має склад з 6 елементів: тигель, подина, комір, жолоб, кришка печі і обмазка індуктора. Тигель являє собою основний елемент футерування, тому правильний вибір вогнетривкого матеріалу забезпечує надійність роботи печі і її техніко-економічні показники [13].

Доцільне використання наступних видів вогнетривких матеріалів: кварцитовий (кислий) SiO_2 ; цирконовий - $\text{Zr}_2 \cdot \text{SiO}_2$; цирконієвий - ZrO_2 ; магнезитовий (основний) - MgO ; шпінельний - $\text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ або $\text{MgO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$; корундовий - Al_2O_3 ; муллітові - $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$; муллітокорундовий - $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 72\%$; шамотний; шамотнографітовий; графітовий і т.д. Усі наведені види футерування

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть мати декілька варіантів за зерновим складом і змістом (масові частки) різних компонентів і добавок, що поліпшують спікання, що зменшують об'ємні зміни при випалюванні і збільшують стійкість футеровки до різних видів виплавлюваних металів і шлаків [6].

Використовуємо кислу футеровку. Футеровка має істотний вплив на хімічну чистоту та фізико-механічні властивості металу, що виплавляється, наприклад, на пластичність сталі при різних температурах, тривалу жаростійкість, корозійну стійкість, структуру та ін [6].

Футеровка ковшів та футеровка печі однакові. Вона складається з таких компонентів:

- кварцит СКМ 97... 98%;
- борна кислота – 2...3%.

Футеровку виготовляють методом набивання. Для цього вогнетривку масу шарами втрамбовують вручну або пневматичною трамбівкою. Після того сушать потужною електричною лампою і спікають тигель [6].

3.5. Витрати шихтових матеріалів

За складом шихта у ливарному цеху містить у собі зворот власного виробництва, сталевого брухту та інші складові шихти, які формують усі разом хімічний склад сталі вказаний в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Хімічний склад сталі, що виплавляються у ливарному цеху (ДСТУ 8781:2018)

Марка сталі	Хімічний склад , %								
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Cu	Fe	Ni
				Не більше					
20Л	0,17...0,2	0,35...0,9	0,2...0,52	0,045	0,04	0,3	0,3	Решта	до 0,3
25Л	0,22...0,3	0,35...0,9	0,2...0,52	0,045	0,04	0,3	0,3	Решта	до 0,3
35Л	0,32...0,4	0,35...0,9	0,2...0,52	0,045	0,04	0,3	0,3	Решта	до 0,3

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 3.4 – Відомість втрат шихтових матеріалів

Індекс позиції	Найменування матеріалу шихти	Марка сплавів					
		20Л		25Л		35Л	
		%	т	%	т	%	т
1	Сталевий брухт	68	164,59	68	206,07	68	128,96
2	Зворот власного виробництва	35	84,71	35	106,19	35	66,38
3	Феросиліцій	1,8	4,36	1,8	5,46	1,8	3,41
4	Феромарганець	1	2,42	1	3,03	1	1,89
5	Добавки	0,3	0,73	0,3	0,91	0,3	0,57
	Сума	106,1	242,04	106,1	303,4	106,1	189,65

3.6. Загальні витрати електроенергії цеху

Загальні витрати електроенергії у відділенні визначають за формулою наведеною у методичних вказівках [1]:

$$W = (W_T + W_c + W_o) \cdot K, \quad (3.3)$$

де W – загальна кількість витрат електроенергії, кВт · год.

W_T – річні витрати електроенергії на технологічні потреби, кВт · год;

W_c – річні витрати електроенергії на електроприводи силових установок, кВт · год;

W_o – річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

K – коефіцієнт втрат електроенергії у мережі, $K = 1,05$.

Розрахунок річних витрат електроенергії на технологічні потреби здійснюємо за питомими нормами витрат електроенергії на 1 тону придатного литва за формулою [1]:

$$W_T = \Sigma P_T \cdot G_p, \quad (3.4)$$

де W_T – витрати електроенергії на технологічні потреби (плавлення металу, термічне оброблення виливків тощо), кВт · год.

P_T – питомі витрати електроенергії на технологічні потреби при виробництві 1 т придатного литва, кВт · год.

G_T – річний випуск придатного литва, т / рік.

Підставивши дані у формулу, отримаємо, кВт · год:

$$W_T = 1500 \cdot 500 = 750\,000 ;$$

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_c = 1100 \cdot 500 = 550\,000;$$

Розрахунок витрат електроенергії на освітлення проводимо за формулою[1]:

$$W_o = 0,001 \cdot g \cdot F \cdot \Phi_o, \quad (3.5)$$

де W_o - річні витрати електроенергії на освітлення, кВт · год;

g – питомі витрати електроенергії за 1 год на 1 м² площі цеху (для виробничих відділень $g = 15...18$ Вт) для складських приміщень – $g = 8...10$ Вт і для побутових приміщень – $g = 8$ Вт);

F – освітлювальна площа, м²;

Φ_o – річна кількість годин освітлювального навантаження (при двозмінній роботі - $\Phi_o = 2300...2500$ год.).

Підставивши дані у формулу, отримаємо, кВт · год:

$$W_o = 0,001 \cdot 4500 \cdot 300 \cdot 2400 = 3\,240\,000 .$$

Отже, загальна потреба в електроенергії на рік становить:

$$W = (750\,000 + 550\,000 + 3\,240\,000) \cdot 1,05 = 4\,767\,000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

3.7. Розрахунок витрат стисненого повітря для цеху

Розрахунок витрат стисненого повітря на річну програму, з урахуванням питомих витрат на 1 тону литва, здійснюємо за формулою [1]:

$$Q_v = 1,5 \cdot d \cdot G_p, \quad (3.6)$$

де Q_v – річні витрати стисненого повітря на річну програму, м³ ;

d – витрати стиснутого повітря на 1 т литва, м³ ;

G_p – випуск виливків за рік, т; 1,5 – коефіцієнт, що враховує втрати повітря в мережі.

Підставивши дані у формулу, отримаємо:

$$Q_v = 1,5 \cdot 800 \cdot 500 = 600\,000 .$$

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати води на технологічні потреби визначаємо, користуючись даними [1], за формулою :

$$V_{в. т.} = R_{н.в.} \cdot G_p, \quad (3.7)$$

де $R_{н.в.}$ – норми витрат води на технологічні потреби на 1 т литва, m^3 ;

G_p – річний випуск виливків, т;

Підставивши дані у формулу ,отримаємо, m^3 /рік:

$$V_{в. т.} = 13 \cdot 500 = 6500 m^3$$

Норми витрат води на побутові потреби такі:

- на господарчі та питні потреби – 45 літрів на 1 особу за годину;
- душові - 500 літрів на особу за годину (при роботі душових – 45 хв.)
- умивальники – 200 літрів на 1 кран за годину;
- миття підлоги цеху – 3 літри на 1 m^2 за добу[1].

3.8. Будівельне проектування

Цех розміщений у двоповерховій будівлі. Ширина поперечних прогонів, між яких розміщено склад матеріалів і плавильне відділення відповідно складає 24 метрів.

Несучими конструкціями будівлі ливарного цеху є фундамент, колони, стіни, перекриття. Ливарний цех відносять до велико-прогонових будівель, виконується з несучим каркасом із залізобетонних колон. Крок колон по периметру будівлі 6 метрів. Колони в прогонах, якими рухаються мостові крани, мають консолі для опору підкранових балок, які виготовляються у вигляді двотаврових конструкцій [2].

Для спроектованого цеху основним матеріалом для фундаменту є залізобетон. Фундамент під колонами виконаний у вигляді башмаків із залізобетону. Як стіновий матеріал використовують керамзитобетонні панелі. Торцові стіни, сприймають значне вітрове навантаження, тому з метою

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення необхідної стійкості і надійності, такі стіни встановлюють з додатковими залізобетонними колонами [2].

У ливарному цеху ворота, встановлені для транспортування матеріалів і виливків та для евакуації людей, розсунві виготовлені з електричним відкриванням і закриванням. Покриття підлоги складається з чавунних плит, що укладаються на бетонну стяжку.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

4.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь «Кронштейн» виготовляється зі сталі марки 35Л, механічні властивості та хімічний склад якої регламентується ДСТУ 8781:2018. Деталь призначена для роботи при силових навантаженнях, причому сталь 35Л забезпечує необхідну міцність.

Масово-габаритні характеристики виливка наступні:

- висота – 63 мм;
- довжина – 150 мм;
- ширина – 40 мм;
- переважна товщина стінки виливка – 10 мм;
- вага деталі – 0,9 кг.

Даний виливок за складністю конфігурації відноситься до 2 групи – нескладні виливки відкритої коробчастої або циліндричної форми. В залежності від маси виливка відносимо його до 1 групи – дрібні виливки (до 100 кг), а відносно типу ливарного виробництва – до серійного.

Таблиця 4.1– Хімічний склад сталі 35Л (ДСТУ 8781:2018)

Елемент	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %
Рекомендовано	0,32...0,40	0,20...0,52	0,35...0,9	<0,04	<0,045
Приймаємо	0,35	0,45	0,67	0,04	0,045

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Баннікова				Обґрунтування розробленої технології		Літ.	Аркуш
Перев.	Яшинський							
	М.М,						28	79
Н. Контр.							НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51	
Затв.								

Таблиця 4.2 – Механічні властивості сталі 35Л (ДСТУ 8781:2018)

Марка сталі	Межа текучості, σ_T , МПа	Тимчасовий опір розриванню, σ_B , МПа	Відносне подовження, δ , %	Відносне звуження, ψ , %	Ударна в'язкість, КСУ, кДж/м ²
	не менше				
35Л	275	491	15	25	343

Конструкція литої деталі повинна забезпечувати високий рівень її службових (міцність, жорсткість, герметичність та інше) характеристик при заданій масі та точності конфігурації а також враховувати технологію її виготовлення, бути технологічною, тобто зручною для виготовлення та обробки.

Проаналізувавши даний виливок за критеріями такими, як: маса виливка, його габаритні розміри, конфігурація, товщина стінки, шорсткість поверхні, геометрична точність, вимоги до структури та властивостей литого металу, серійність виробництва, автоматизація та економія матеріальних, трудових та енергетичних затрат при мінімальному забрудненні навколишнього середовища, можна сказати наступне. З усіх відомих спеціальних способів лиття найбільш доцільно виготовляти виливок типу «Кронштейн» за моделями, що витоплюються.

4.2 Сутність процесу лиття за моделями, що витоплюють

Для виготовлення модельного складу використовуємо парафін – 50% та стеарин – 50%. Вибрано такий склад керуючись основними вимогами до модельного складу:

- температура плавлення модельного складу має бути невисока, в межах 60-100°C. Одночасно з тим температура початку розм'якшення повинна бути не нижче 35-45°C;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- усадка при охолодженні , так само як і розширення при нагріванні має бути мінімальною та стабільною;

- модельний склад має мати гарну рідкотекучість в розплавленому стані для полегшення виготовлення моделей та виплавлення їх з форм;

- хімічна взаємодія складу та прес-форми неприпустимо;

- після затвердівання у прес-формі модельний склад має володіти твердістю та прочністю, щоб моделі не деформувались на усіх технологічних операціях;

- модельний склад має гарно змочуватись суспензією;

- модельний склад має бути придатним для багаторазового використання, при цьому технологічні властивості мають лишатись такими ж і в процесі роботи і при зберіганні;

- зольність модельного складу має бути мінімальна;

- модельний склад має бути не шкідливим для здоров'я працюючих, а компоненти – дешевими та недефіцитними;

- модельний склад має точно відтворювати конфігурацію робочої порожнини прес-форми та її поверхню, не прилипати до прес-форми; [5]

Для модельних складів використовують очищений технічний білий парафін, який містить 2,3% олії та поставляється у вигляді плиток по 8-12 кг. Являється одним з найбільш дешевих та недефіцитних компонентів модельного складу, надає моделям пластичності та несхильності до тріщиноутворенню. Стеарин рекомендується дистильований першого та другого сортів. Він являється зміцнювачем для парафіну, та підвищує його температуру розм'якшення.

Парафіно-стеариновий двокомпонентний склад має невисоку температуру плавлення 50-60°C, має гарну рідкотекучість та низьку зольність 0,01 – 0,04%. Придатний до повторного використання, дає високу якість поверхні моделі,

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхня добре змочується суспензією на основі етилсилікату та має змогу приймати пастоподібний стан. Недоліком є температура розм'якшення приблизно 30°C, значна об'ємна та лінійна усадка, вартість та дефіцитність стеарину [5]

При виготовленні модельних складів використовується 80-9% звороту, зібраного при видаленні моделі з форми. Кожен раз після 5 повторного використання проводять регенерацію модельного складу в емальованому бачкі вливанням в розплав при температурі 70-90°C сірчаної кислоти з удільною вагою 1,84 в кількості 2-3% від ваги маси, що регенерується. Перемішується 10 хвилин та витримується годину при температурі 70-80°C до повного виділення осаду, який відділяють зливанням розплаву. Нейтралізують розплав підігрівуючи до 70-80°C та оброблюючи рідким склом. Після нейтралізації склад відстоюють 2-3 години та зливають для відділення від осаду [5].

Парафіно-стеариновий склад виготовляють в масляних банях з електричним підігрівом. Також застосовують термостати. Вихідні матеріали подрібнюють на шматки розміром 30-50 мм, цим прискорюють процес плавлення. Компоненти завантажують та розплавляють в порядку зростання температур плавлення. Оскільки в технології застосовується пастоподібний склад, рідкий склад охолоджують при неперервному перемішуванні його до пастоподібного стану. За 20-25 хв перемішування модельний склад набуває пастоподібного стану. Після чого електропривід вимикається, а бачок з готовим складом накривають кришкою. Бачок-змішувач має 2 бачки, тому електропривід під'єднують до іншого бачка. Далі за допомогою рукоятки відбувається з'єднання бачка з готовим пастоподібним складом із порожниною циліндра, що подає модельний склад до місця запресовки його у прес-форми [5].

Перед заповненням прес-форми проходять підготовку. Її очищують тобто удаляють частки модельного складу, що лишився в порожнині прес-форми обдувкою стисненим повітрям, змазують робочу поверхню через кожні 10-12 запресовок трансформаторним мастилом або касторовою олією з етиловим спиртом 1:1 для зменшення в'язкості. Підігрівують введенням модельного

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

складу при цьому перші 2-3 моделі в роботу не допускають, оптимальна температура в межах 22-28°C. Зазвичай, за час роботи прес-форми не встигають охолотитись до оптимальної температури, в такому разі їх примусово охолоджують льодом або водою. Якісна зборка прес-форм значно впливає на якість моделей, їх точність їх форми та розмірів [5].

Заповнення прес-форм відбувається за допомогою малогабаритної установки для виготовлення моделей з пастоподібних складів, що містить також пастоприготувальну установку. Установка для виготовлення моделей складається із гнучкого шлангу зі шприцем пістолетного типу на кінці, заповнення відбувається після натиснення на рукоятку, що відкриває доступ модельному складу у прес-форму. Шланг у свою чергу обігрівается проволочним нагрівальним елементом потужністю 25Вт [5].

Готові моделі після вилучення з прес-форми охолоджують. Охолодження на повітрі до кімнатної температури відбувається від 3 до 5 годин. Зберігають моделі у спеціальних металевих шафах, що охолоджуються. Перед використанням моделі витримують 30 хв при температурі приміщення щоб уникнути термічного розширення [5].

В блоки моделі збирають за допомогою припаювання до моделі ливникової системи. За допомогою спеціального електричного паяльника, що поміщується між посадочною частиною живильника моделі та моделлю ливникової системи. Одночасно торкаючись живильника та ливникової системи, оплавлюючи їх, після чого паяльник прибирається і частини злегка притискують одне до одного [5].

Вимогами до оболонки є:

- оболонка має відтворювати всі контури моделі і забезпечувати отримання гладкої поверхні порожнини форми;

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пилевидний матеріал та звязуючий розчин не мають вступати в яку хімічну взаємодію , що може викликати швидку коагуляцію звязуючого розчину у суспензії;

- оболонка після затвердіння має володіти найбільшою міцністю;

- оболонка має мати можливо менший коефіцієнт термічного розширення;

- оболонка має бути термічно стійкою, вогнетривкою, не має оплавлюватись при прокалці та заливанні в неї металу;

- має володіти термохімічною стійкістю по відношенню до металу , що заливається, газопроникністю для видалення з порожнини форми повітря в процесі заливання;

- оболонка має легко руйнуватись після охолодження , щоб не затруднювати очистку виливків;

- оболонкові матеріали мають бути не дорогі та недефіцитні; [5]

Метод отримання виливків за моделями, що газифікуються використовувати недоцільно, так як буде проходити насичення виливка вуглецем, що призводить до негативних наслідків та дефектів.

Основним матеріалом є кварцовий пісок. Підготовка матеріалів починається з його подріблення. Після чого промивають водою або підкисленою соляною кислотою у спеціальній установці для промивки. Після того сушать у тих же печах в яких і прокалюють. Після того просіюють через сита №0063 та №005. При цьому можна отримати чистоту поверхні виливка 7-класу (ГОСТ 2789-59). Просіяний через сито пісок сипеться у ящик для готових матеріалів, відходи у відведений для них ящик.

Як звязуюче використовують етилсилікат – прозору, злегка підфарбовану у жовтий, рідну з характерним запахом ефіру. Сутність гідролізу етилсилікату полягає у заміщенні в ефірі кремнієвої кислоти того чи іншого числа етоксильних груп (OC_2H_5) гідролізними групами (ОН). По мірі такого заміщення

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукти гідролізу, що утворюються(гідролізати) по своєму складу наближуються до складу нестійкої кремнієвої кислоти, яка відщеплює воду і утворює колоїдний розчин кремнієвої кислоти – золь кремнієвої кислоти. Однофазний спосіб гідролізу етилсиліката: у гідролізатор наливають розчинник, воду, соляну кислоту і перемішують протягом 1-2 хв. Після перемішуючи вливають етилсилікат. Реакція відбувається з виділенням тепла і підвищенням температури розчину. Коли температура досягає максимуму, межею є 40-50°C, і починає знижуватись, перемішування можна припинити. Якщо реакція йде повільно, повільно підіймається температура і низька максимальна температура то розчин вийде мутним. Мутні розчини нестійкі, дають пониженої міцності оболонки, оболонки при сушці тріскаються.

Як розчинник зв'язуючих розчинів при гідролізі етилсилікату використовується ацетон (CH_3COCH_3). Використовують технічний ацетон за ГОСТ 2765-44. Як добавки соляна кислота, сірчана кислота, дистильована вода та ін.

Технологія виготовлення складається з наступних операцій: приготування суспензії містить процес перемішування зв'язуючого розчину з твердою пилевидною складовою, тобто піском, для забезпечення обволокування рідиною кожної частинки, контроль суспензії тобто її густини. Після відбувається формування оболонки, товщина слою 1-1,5 мм, водою змивається плівка з модельних блоків для кращого змочування суспензією наносимо. Модельні блоки занурюють у суспензію 2-3 рази. Обсипання піском блоків відбувається за допомогою барабанного апарату для обсіпки блоків. Далі оболонки сушать, щоб до кінця випарювання розчинника золь кремнієвої кислоти. Зв'язуюче має затвердіти незворотно. Сушать у камері при підвищеній вологості повітря у камері (60-70%). Сушать 2-4 години. Повторюється необхідну кількість разів, для деталі, що ророблюється, оболонка складає 4 слої.

Для виплавлення моделей опоки з заформованими у ній блоками на поддонах ставлять у піч нагріту до 12-130°C ливниковою воронкою вверх. В

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

піддон зтікає модельний матеріал.

Після формується у опоку – металевий циліндр для утримання форм, закріплюються оболонкові форми, формувальним матеріалом може служити суха піщано-глиняста формувальна суміш. Форми прокалюють при 900-1000°C 30-50 хв, для видалення газотвірних складових та покращення заповнення металом. Після прокалки одразу заливають метал. Після того як форма охолоне, її руйнують і відправляють виливки на механічну обробку.

4.3. Обґрунтування положення моделі у формі й вибір площини рознімання прес - форми

Даний виливок «Кронштейн» виготовляємо методом лиття за моделями, що витоплюють. При цьому методі ливникова система являється системою каналів, через які заливають в форми сплав і відбувається живлення виливка під час кристалізації, а також опорною конструкцією, яка тримає моделі та оболонку в період виготовлення керамічної форми. Виходячи з цього, при визначенні конструкції та розмірів ливникової системи необхідно враховувати умови отримання якісних виливків і механічну міцність ливникової системи.

Виливки розміщуємо так, щоб підведення металу відбувалося в масивні частини виливка. Ливниково-живильна система являє собою стояк компактного перерізу, до якого з різних сторін приєднуються виливки з живильниками. Центральний стояк являється одночасно ливниковим ходом та надливом. Центральне розташування стояка забезпечує природне уповільнення руху металу і сприяє направленому затвердінню.

Форма (контейнер) не має площини розніму – одна з найбільш вагомих переваг даного методу лиття, тому що модель виливка вилучається з форми витопленням, не потребуючи рознімання форми.

При виготовленні моделі в сталевій прес-формі з горизонтальним роз'ємом, яка складається з двох частин, розташовуємо модель виливка в нижній

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і верхній частині прес-форми симетрично. При цьому забезпечується вільне вилучення моделі з прес-форми. Лінію рознімання прес-форми показуємо тонкою лінією, яка закінчується знаком "X - X", над якою вказуємо позначення – ПФ. Напрямок рознімання відображає суцільною основною лінією, обмеженою стрілками перпендикулярними до лінії рознімання (рис. 4.1)

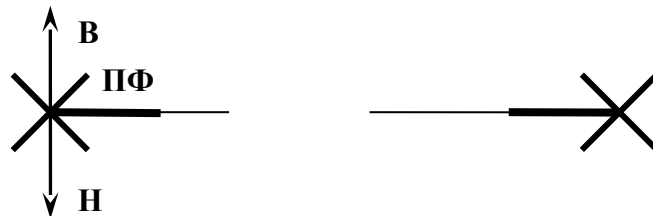


Рисунок 4.1- Позначення лінії рознімання на кресленнику

4.4 Усадка сплаву

Усадка сталі – вирішальний фактор, який визначає процеси утворення дефектів – раковин, поруватості, внутрішніх напружень, жолоблень, гарячих та холодних тріщин.

Сутність усадки полягає в наступному: із зниженням температури сталі, яка заливається у ливарну форму, атоми металу зближуються і внаслідок цього зменшується його початковий об'єм [2].

Усадкові залежить від хімічного складу металу, температури його перегріву над лінією ліквідусу, фазових переходів в рідкому та твердому станах, наявності домішок в металі та швидкості відведення тепла як при кристалізації розплаву, так і при подальшому його охолодженні в формі. Лінійна усадка сталі марки 35Л складає 2,2...2,3%.

4.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь литої деталі

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Припуски на механічне оброблення призначаються для забезпечення шорсткості робочих поверхонь, доведення основних контрольованих розмірів до номінальних, виправлення дефектів форми та розміщення ризначення припусків здійснюють враховуючи всі вимоги, які ставлять до виливка та відповідно до ГОСТ 26645-85.

Припуски призначаємо лише на бобишках у внутрішній частині виливка (припуск рівно з бобишками, як технологічна потреба) та на отворах припуск – 0,9 мм. Значення припуску на механічне оброблення виконуємо у вигляді цифри перед знаком шорсткості деталі, а сам припуск – тонкою чорною лінією.

Припуски на механічне оброблення поверхонь відповідно до ГОСТ 26645-85. Точність виливка 7-6-9-9-5 ГОСТ26645-85

4.6 Визначення кількості виливків в формі і моделей в прес-формі

Моделі виливка, зібрані в блок, розташовуємо в контейнері вертикально, живильник встановлюємо в нижній частині моделі. Оскільки модель невелика, одного живильника вистачить для якісного заповнення порожнини моделі металом. Для економної витрати матеріалів та враховуючи масу виливка, в контейнері розташовуємо 6 моделей.

В сталевій прес-формі розташовуємо 2 моделі виливка «Кронштейн» з живильниками. В окремій прес-формі буде виготовлятись модель стояка.

4.7 Розрахунок ливникової системи

Ливниковою системою називається чаша для прийому металу і сукупність каналів, по яких підводиться рідкий метал до виливка. Призначення ливникової

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи:

- забезпечити безупинну, рівномірну і спокійну подачу рідкого металу в порожнину форми;
- передбачити живлення виливка рідким металом під час його затвердіння й усадки;
- затримати проникнення шлаку, піску й інших неметалевих вкраплень у форму;
- попередити руйнування форми від дії струменя металу.

Однією з важливих умов отримання якісного виливка являється правильна конструкція ливникової системи. Враховуючи розміри нашого виливка, масу, товщину стінки, застосовуємо ливникову систему в якій метал підводиться в масивні частини виливка.

Виливок «Кронштейн» в контейнері буде прикріплений до стояка і розміщений у формі під кутом 45° для покращення наповненості порожнини гарячим сплавом. Виливок відносять до дрібного литва. Ливникова система при виготовленні виливків в формах з сухого піску повинна забезпечити напрямлену кристалізацію. Обираємо ливникову систему I типу – центральний стояк. Ливникова система цього типу являє собою стояк компактного перерізу, до якого з різних сторін приєднуються невеликі виливки з одним індивідуальним живильником. Центральний стояк є одночасно і ливниковим ходом, і колективним надливом, а живильники відповідно виконують і роль шийок надливів.

Центральне розташування стояка обумовлює природне уповільнення його охолодження і сприяє направленому затвердінню периферійно розташованих виливків.

Зумпф у нижній частині стояка пом'якшує негативну дію механічного і теплового ударів, що мають місце в початковий момент заливки.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок ливникової системи робимо з використанням ЕОМ і програми «Розрахунок ливникових систем для чорних сплавів і різних видів литва по методу Озана і КПІ (с) Макаревич А.П. 02-ОСТ-87 V.M. 25.05. 18:27».

В результаті розрахунку на ЕОМ одержали:

- діаметр стояка, $D = 40$ мм;
- товщина живильника $A1 = 13,1$ мм;
- ширина живильника $B1 = 6,5$ мм.

Далі розраховуємо площі перетинів живильника і стояка.

Площа перетину живильника:

$$F_{\text{жив.}} = A1 \cdot B1 \text{ (см}^2\text{)}, \quad (4.1)$$

де, $A1$ – товщина живильника, мм;

$B1$ – ширина живильника, мм.

Підставивши значення до формули 4.1, отримаємо:

$$F_{\text{жив.}} = 1,31 \cdot 0,65 = 0,85 \text{ см}^2$$

Сумарне значення площі поперечного перерізу всіх живильників знаходимо за наступною формулою:

$$\sum F_{\text{жив.}} = n \cdot F_{\text{жив.}}, \text{ см}^2 \quad (4.2)$$

де, n – сумарна кількість живильників, мм;

$F_{\text{жив.}}$ – площа перетину живильника, см^2 .

Поперечний переріз живильника відображено на рис.4.2.

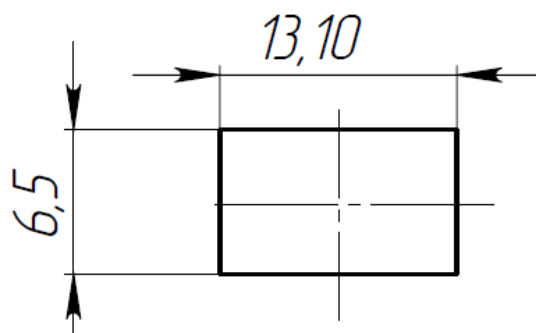


Рисунок 4.2 – Поперечний переріз живильника

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши значення до формули 4.2, отримаємо:

$$\sum F_{\text{жив.}} = 12 \text{ 0,85} = 10,2 \text{ см}^2$$

Площа перетину стояка:

$$F_{\text{ст.}} = \pi \cdot \frac{D^2}{4}, \text{ см}^2 \quad (4.3)$$

де, D – діаметр стояка, мм. D = 40 мм.

Підставивши значення до формули 2.3, отримаємо:

$$F_{\text{ст.}} = 3,14 \cdot \frac{5^2}{4} = 12,56 \text{ см}^2$$

Кількість стояків – 1 шт., отже $\sum F_{\text{ст.}} = 12,56 \text{ см}^2$.

Поперечний переріз стояка відображено на рис. 4.3.

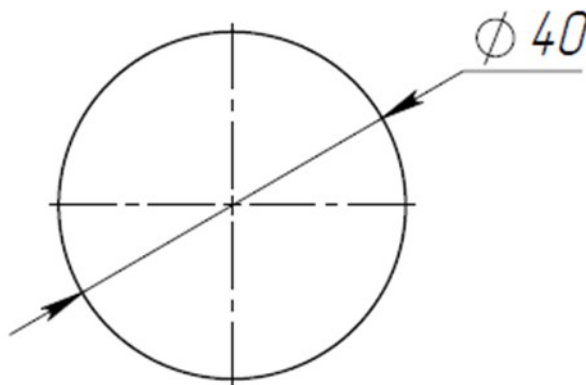


Рисунок 4.3 – Поперечний переріз стояка

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8 Прес-форма для виготовлення моделей

Основне призначення прес-форми – отримання моделі, що витоплюється, заданої конфігурації з потрібними точністю розмірів, чистотою поверхні, об'ємною масою, міцністю та рівномірним розподіленням властивостей в різних частинах моделі при мінімальних витратах енергії та часу. Досягнення потрібних показників якості моделі забезпечується конструкцією прес-форми.

Матеріал для прес-форми повинен мати високу теплопровідність, достатню механічну міцність, мінімальну адгезію по відношенню до модельного складу та низьку вартість. В масовому виробництві використовують сталеві прес-форми. Прості деталі прес-форм виготовляють механічним обробленням [6].

Прес-форма для однієї моделі з горизонтальною площиною роз'єму. Конструкція прес-форми забезпечує вільне вилучення моделі після виготовлення. Для центрування передбачено конструкцією центрувальні штирі. Частини прес-форми скріплюють за допомогою штифтів та гайок-баранчиків.

Виготовлення прес-форми здійснюють литтям. Точність поверхонь - 7 класу ГОСТ 3212-92. Робочі порожнини механічно обробляють на металорізальних верстатах з наступним доведенням складних поверхонь абразивними інструментами до шорсткості $R_a = 1,6$ мкм. Неробочі поверхні мають шорсткість $R_a = 6,3$ мкм.

Розміри робочої порожнини прес-форми слід призначати з урахуванням усадки модельного матеріалу та усадки сплаву, з якого виготовляється виливок.

Розрахунок розмірів робочої порожнини проводимо для зовнішніх розмірів виливка, за формулою:

$$D_n = D_0 \cdot \left(1 + \frac{y_{\text{заз}}}{100} \right) - 0,5\delta_0 \quad (4.4)$$

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де D_n – номінальний розмір робочої порожнини прес-форми в мм;

D_0 – номінальний розмір виливка в мм;

δ_0 – допуск на розмір виливка в мм, $\delta_0=0$ мм.

$U_{заг}$ – загальна лінійна усадка в %, яка розраховується за формулою:

$$y_{заг} = y_m + y_0 - y_\phi, \quad (4.5)$$

де y_m – вільна лінійна усадка моделей, %, $y_m=0,8$ %;

y_0 – вільна лінійна усадка металу, % $y_0=2,3$ %;

y_ϕ – середнє лінійне розширення форми при прожарюванні перед заливанням,%. $y_\phi=0,9$ %.

Тоді $y_{заг}=0,8+ 2,3 - 0,9 = 2,2$ %.

Підставивши значення до формули 3.1, отримаємо:

$$D_n = 100 \cdot \left(1 + \frac{2,3}{100}\right) - 0,5 \cdot 0 = 102,5 \text{ мм}$$

Для того, щоб моделі не прилипали до робочої поверхні прес-форми, її рекомендовано змащувати спеціальними складами, які повинні забезпечити достатню термостійкість (до 100...130 °С), багаторазове вилучення моделі, легко та рівномірно наноситись на поверхню прес-форми. Застосовуємо в якості відокремлюваного покриття трансформаторну оливу. Це покриття дає можливість робити декілька вилучень моделі.

4.9 Контейнер

Для виготовлення виливків за моделями, що витоплюються використовуємо метод формоутворення в сухий кварцовий пісок. При такому методі формоутворення використовуємо опоки (контейнери) з дном та стінками.

Контейнери для формування в сухий кварцовий пісок повинні мати жорсткі стінки та дно. Після ущільнення вібрацією пісок, який замкнений в об'ємі контейнера, здатний витримати значні навантаження без помітної деформації.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контейнер виготовляють з листової сталі Сталь 3 (ГОСТ 977 – 88) товщиною 3 мм. Для зручності транспортування контейнера конструкцією передбачені цапфи. Опока має циліндричну форму. Габаритні розміри контейнера наступні: висота – 240 мм, діаметр – 250мм.

Враховуючи серійність виробництва (серійне) в опоці-контейнері розміщуємо 12 моделей виливків з моделлю стояка.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ЛИВАРНОГО УСТАТКУВАННЯ

5.1 Загальний опис конструкції печі

Індукційні тигельні печі для плавлення сталі мають закриту конструкцію, тобто магнетний потік у них ззовні індуктора передається радіально розміщеними пакетами трансформаторної сталі (магнето-проводами). Така конструкція надає печі жорсткість і компактність, підвищує коефіцієнт корисної дії і продуктивність печі [4].

Печі для плавлення сталі можуть працювати на струмі промислової частоти. Для підвищення питомої потужності та прискорення процесу плавлення печі забезпечують генераторами, які збільшують частоту струму до 500Гц, при цьому питома потужність 160 кВт/т [3].

Основною перевагою плавлення в індукційних тигельних печах промислової частоти є велика продуктивність, інтенсивне перемішування і висока якість металу.

Для безперервного забезпечення металом дільниці заливання форм встановлено 2 печі оскільки індукційні тигельні печі є агрегатами періодичної дії.

На рис. 5.1 представлена піч ІСТ місткістю 160 кг. Вона складається з наступних основних вузлів: металевого каркаса 9, тигля 2, індуктора 5. Каркас 9 печі являє собою зварену конструкцію, виконану з листової сталі. Жорсткість каркасу забезпечується ребрами жорсткості, рівномірно розташованими по діаметру обичайки.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Баннікова			Проектування ливарного устаткування	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Яшинський					44	79
		М.М,				НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.								
Затв.								

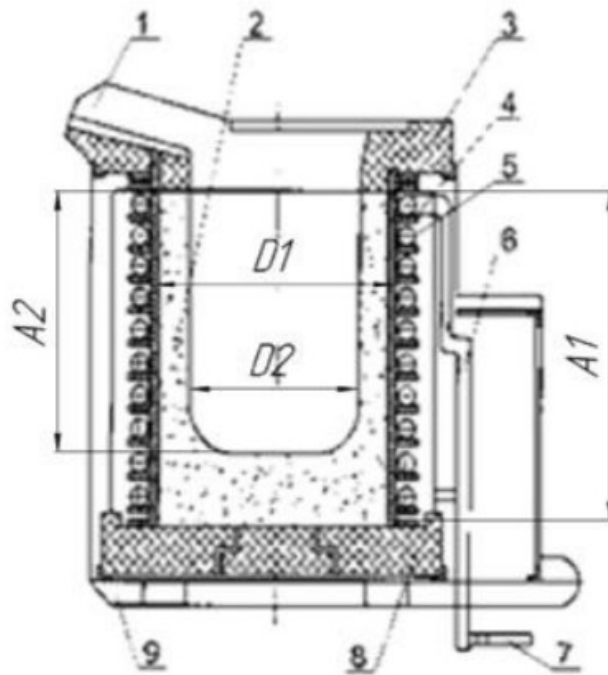


Рисунок 5.1 – Схема індукційної печі;

1 – зливний носик; 2 – тигель; 3 – верхня фасонна кераміка; 4 – ізоляційна прокладки; 5 – індуктор; 7 – з’єднувальні шини; 8 – нижня фасонна кераміка; 9 – металевий каркас

Індуктор 5 являє собою головну частину печі, яким є мідна профільована водоохолоджувальна трубка. Котушки індуктора ізольовані, для уникнення осьового переміщення індуктора його зафіксовано спеціальними притисками з немагнетного матеріалу. Індуктор печі оточений вінцем із сталевих пакетів, які разом з притисками створюють надійне кріплення індуктора.

Плавильним простором печі є тигель 2, який виконується зазвичай набиванням безпосередньо в самій печі. Для управління нахилом печі передбачений пульт управління.

Струмopідведення до печі здійснюється гнучкими водоохолоджуваними кабелями. Регулювання потужності печі здійснюється автоматично регулятором електричного режиму.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок тигля

Розраховуємо об'єм тигля за наступною формулою:

$$V = G/\gamma, \quad (5.1)$$

де V – об'єм тигля, м^3 ;

G – місткість печі, кг ;

γ – густина рідкого металу.

Підставивши значення в формулу (5.1), отримуємо:

$$V = 160 / 7100 = 0,023 \text{ м}^3;$$

Знаходимо значення коефіцієнтів C_1 і C_2 із діаграми залежності коефіцієнтів від роду металу (рис. 5.2).

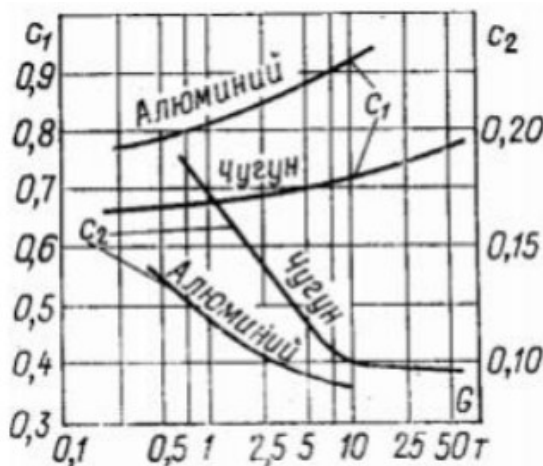


Рисунок 5.2 – Оптимальні значення коефіцієнтів геометрії тигля C_1 і C_2 в залежності від місткості печі;

Що стосується коефіцієнта C_3 , то із зростанням його в межах від 0,5 до 1,5 повний ККД печі підвищується, хоча і незначно. Тому коефіцієнт C_3 слід приймати рівним 1,1...1,3.

Приймаємо такі коефіцієнти: $C_1=0,68$; $C_2=0,17$; $C_3=1,2$.

Робочий внутрішній діаметр тигля розраховуємо за формулою:

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_2 = \sqrt[3]{4C_1V/\pi}$$

(5.2)

де D_2 – робочий внутрішній діаметр тигля, м;

V – об'єм тигля, m^3 .

Підставивши значення в формулу (5.2), отримуємо:

$$D_2 = \sqrt[3]{4 \cdot 0,68 \cdot 0,023/3,14} = 0,27 \text{ м.}$$

Розраховуємо висоту завантаження за формулою:

$$A_2 = D_2 / C_1, \quad (5.3)$$

де A_2 – висота завантаження тигля, м;

D_2 – робочий внутрішній діаметр тигля, м.

Підставивши значення в формулу (5.3), отримуємо:

$$A_2 = 0,27/0,68 = 0,39 \text{ м.}$$

Розраховуємо висоту індуктора. Висота індуктора складає:

$$A_1 = A_2 \cdot C_3, \quad (5.4)$$

де A_2 – висота завантаження тигля, м;

A_1 – висота індуктора, м.

Підставивши значення в формулу (5.4), отримуємо:

$$A_1 = 0,39 \cdot 1,2 = 0,47 \text{ м.}$$

Товщина футерівки в середньому перерізі тигля знаходиться за формулою:

$$\Delta\Phi = D_2 \cdot C_2, \quad (5.5)$$

де $\Delta\Phi$ – товщина футерівки в середньому перерізі тигля, м;

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

D_2 – середній внутрішній діаметр тигля, м.

Підставивши значення в формулу (5.5), отримуємо:

$$\Delta\Phi = 0,25 \cdot 0,17 = 0,043 \text{ м.}$$

Розраховуємо внутрішній діаметр тигля за формулою:

$$D_1 = D_2 + 2\Delta\Phi + 2\Delta i_3, \quad (5.6)$$

де D_1 – внутрішній діаметр тигля, м;

D_2 – середній внутрішній діаметр тигля, м;

$\Delta\Phi$ – товщина футерівки в середньому перерізі тигля, м;

Δi_3 – товщина теплової ізоляції між футерівкою і індуктором, $\Delta i_3 = 8 \text{ мм}$.

Підставивши значення в формулу (5.6), отримуємо:

$$D_1 = 0,36 + 2 \cdot 0,043 + 2 \cdot 0,008 = 0,46 \text{ м;}$$

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

6.1. Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників

6.1.1. Основні робітники

Чисельність основних робітників визначаємо за нормами обслуговування основного технологічного устаткування [7].

Плановий час роботи одного працівника за рік розраховуємо шляхом складання балансу робочого часу. Цей розрахунок представлений у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Плановий баланс робочого часу за рік

Індекс	Найменування витрат часу	Кількість днів
1	Кількість номенклатурних днів за рік	365
2	Неробочі дні, у тому числі:	114
2.1	Загальнодержавні та релігійні свята	10
2.2	Вихідні	104
3	Режимний час підприємства	251
4	Витрати робочого часу працівників, у тому числі:	38
4.1	Хвороба	12
4.2	Чергові та додаткові відпустки	24
4.3	Невиходи з дозволу адміністрації	1
4.4	Скорочення робочого часу матерям, підліткам та інш.	1
5	Плановий фонд роб, за рік, днів	210

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Баннікова				Організаційна частина			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Нарасєвськи								49	79
	й В.І.							НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.										
Затв.										

На підставі балансу робочого часу визначаємо обліковий склад робітників, який в свою чергу розраховується за допомогою коефіцієнта облікового складу $K_{обл.}$

$$K_{обл.} = \Phi_{реж.} / \Phi_{пл.},$$

де: $\Phi_{реж.}$ – режимний річний фонд роботи підприємства, днів;

$\Phi_{пл.}$ – плановий фонд роботи працівника за рік, днів.

$$K_{обл.} = 251/210 = 1,18$$

6.1.2 Допоміжні робітники

Чисельність цієї категорії персоналу за професіями та розрядами встановлюємо за даними підприємства – аналога АНТК ім. Антонова, згідно з їх часткою по відношенню до чисельності основних робітників (таблиця 6.2.).

6.1.3 Управлінський персонал

Чисельність управлінського персоналу встановлюємо виходячи із структури управління ливарним цехом ТД»КБТЗ»

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.4 Загальна чисельність працівників

Загальна чисельність робітників в цеху приведена в таблиці 6.2.

Професія, спеціальність, посада	Кваліфікація, розряд	Явочний штат		Разом	Коефіцієнт облікового складу	Обліковий склад
		1-а	2-а			
1	2	3	4	5	6	7
ОСНОВНІ РОБІТНИКИ						
Шихтувальник	4	1	1	2	1,18	2
Плавильник	5	2	2	4	1,18	4
Заливальник	4	2	2	4	1,18	5
Стрижнювальник	4	3	-	3	1,18	3
Вибивальник	3	-	2	2	1,18	4
Сумішоприготувач	4	2	-	2	1,18	2
Обрубник	3	2	2	4	1,18	5
Терміст	4	1	1	2	1,18	2
Шліфувальник	3	1	1	2	1,18	2
Працівник дільниці витоплюваних моделей	4	2	2	4	1,18	5
Разом		16	13	29		32
ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ						
Крановик	4	2	2	4	1,18	3
Вантажник	3	2	-	2	1,18	1
Сортувальник	4	1	1	2	1,18	1
Комірник	4	1	1	2	1,18	1
Різнорабочий	3	2	-	2	1,18	1
Слюсар по ремонту тех. уст.	4	1	1	2	1,18	1
Слюсар по ремонту плав. уст.	5	1	1	2	1,18	1
Електромонтер	4	1	1	2	1,18	1
Разом			7			9
УПРАВЛІНСЬКИЙ ПЕРСОНАЛ						
Начальник цеху	-	1	-	1	-	1
Заст.. начальник цеху	-	1	-	1	-	1
Начальник дільниці	-	2	-	2	-	2
Старший майстер	-	1	1	2	-	2
Майстер	-	1	1	2	-	2
Комірник	-	1	1	2	-	2
Прибиральниця	-	2		2	-	2
Разом	-	9	3	12		12

Розрахунок фондів заробітної плати

Витрати на оплату праці складаються з:

- основної заробітної плати;
- додаткової заробітної плати;
- інших заохочувальних та компенсаційних витрат.

					Розрахунок додаткової плати	
					надбавки	

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Професія спеціальність	Тарифна ставка, грн.	Облік складу, осіб	Плановий фонд роб., год	Основна заробітна плата, осіб	Премія, 20%	Особливі умови, 12%	Відпустка, 12%	Інші, 10%	Разом додатков а зарплата
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ОСНОВНІ РОБІТНИКИ									
Шихтувальник	25	2	1840	92000	18400	11040	11040	9200	49680
Плавильник	30	4	1840	220800	44160	26496	26496	22080	119232
Заливальник	30	5	1840	276000	55200	33120	33120	27600	149040
Стрижнювальник	25	3	1840	138000	27600	16560	16560	13800	74520
Вибивальник	25	4	1840	184000	36800	22080	22080	18400	99360
Сумішоприготувальник	28	2	1840	103040	20608	12364,8	12364,8	10304	55641,6
Обрубник	30	4	1840	220800	44160	26496	26496	22080	119232
Терміст	30	2	1840	110400	22080	13248	13248	11040	59616
Шліфувальник	30	2	1840	110400	22080	13248	13248	11040	59616
Працівник ділн. вит моделей	30	4	1840	220800	44160	26496	26496	22080	119232
Разом		32		1676240					905170
ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ									
Крановик	35	3	1840	193200	38640	23184	23184	19320	104328
Вантажник	35	1	1840	64400	12880	7728	7728	6440	34776
Комірник	25	1	1840	46000	9200	5520	5520	4600	24840
Різноробочий	30	1	1840	55200	11040	6624	6624	5520	29808
Слюсар по ремонту тех. уст.	35	1	1840	64400	12880	7728	7728	6440	34776
Слюсар по ремонту плав. уст.	35	1	1840	64400	12880	7728	7728	6440	34776
Електромонтер	35	1	1840	64400	12880	7728	7728	6440	34776
Разом		9		552000					298080

Розрахунок фондів заробітної плати основних та допоміжних робітників наведено в таблиці 6.3.

Заробітна плата управлінського персоналу вираховується без розподілу її на основну та допоміжну, таблиця 6.4.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 6.4– Розрахунок фонду заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Місячний посад. оклад, грн	Чисельність, осіб	Загальний річний фонд зар. плати, грн
Начальник цеху	20000	1	240000
Заст.. начальник цеху	18000	1	216000
Начальник ділянки	15000	2	360000
Старший майстер	14000	2	336000
Майстер	13000	2	312000
Комірник	10000	2	240000
Прибиральниця	9000	2	216000
Разом		12	1920026

Загальний фонд заробітної плати складає:

$$1676240+905170+552000+298080+1920026 = 5351516 \text{ грн}$$

Визначення обсягів капітальних вкладень в цех, що проектується

Величина капітальних вкладень (в грн) розраховується за формулою:

$$K = K_{\text{уст}} + K_{\text{буд}} + K_{\text{п}} + K_{\text{осн}} + K_{\text{інв}} + K_{\text{м}} + K_{\text{з}} \quad (6.1)$$

$K_{\text{уст}}$ - капітальні вкладення в необхідне устаткування;

$K_{\text{буд}}$ - капіталовкладення в будівлі;

$K_{\text{п}}$ - капітальні вкладення в прилади і споруди;

$K_{\text{осн}}$ - капіталовкладення в оснащення;

$K_{\text{інв}}$ - капіталовкладення в інвентар;

$K_{\text{м}}$ - капіталовкладення в запаси матеріалів, палива, напівфабрикатів;

$K_{\text{з}}$ - капіталовкладення в заділи.

Капітальні вкладення в необхідне обладнання (в грн) розраховують за формулою:

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_o = K_t + K_{пт} + K_{ен} + K_{уп}, \quad (6.2)$$

де K_t - капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{пт}$ - капіталовкладення в підйомно-транспортне убування;

$K_{ен}$ - капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{уп}$ - капіталовкладення в засоби управління і контролю.

Витрати на придбання, доставлена і встановлення одиниці необхідного устаткування розраховуються за допомогою наступної формули:

$$K = Ц(1 + a_t + a_б + a_m), \quad (6.3)$$

$Ц$ - оптова або договірна ціна одиниці технологічного устаткування;

a_t - коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устаткування (0,05... 0,1);

$a_б$ - коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

a_m - коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05... 0,1).

Таблиця 6.5 – Розрахунок капітальних вкладень в устаткуваннях

Найменування та модель устаткування	Кількість, шт.	Вартість за од, грн.	Загальна вартість грн.	Витрати на монтаж, грн.	Всього грн.
1	2	3	4	5	6
ОСНОВНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ					
Тигельні печі мод. ІСТ – 0,16	2	90000	180000	18000	196000
Тигельні печі мод. САТ – 0,16	3	120000	360000	36000	396000
Візок передавальний	2	3500	7000	2100	9100
Всього					592000

При розрахунку вартості транспортного устаткування на його монтаж і наладку додають витрати у розмірі 10 – 25% від його вартості.

Капітальні вкладення у виробничі будівлі та споруди визначаємо із площі цеху і нормативів вартості будівельних конструкцій та проводок.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці розрахунки заносимо до таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Капітальні вкладення у споруди

Елементи будівельно-монтажних робіт	Тип будівлі	Вартість робіт, грн./м³	Об'єм будівлі, м³	Розміри капіталовкладення
Приміщення	Виробничо побутові	50 / 40	30240 / 7128	1512009 / 285120
Водопостачання	Виробничо побутові	0,35 / 0,45	30240 / 7128	10184 / 3208
Каналізація	Виробничо побутові	0,3 / 1,05	30240 / 7128	9072 / 7484
Електропроводка	Виробничо побутові	0,5 / 0,6	30240 / 7128	15120 / 4277
Вентиляція	Виробничо побутові	0,7 / 0,8	30240 / 7128	21168 / 5702
Зовнішній благоустрій	Загальні	0,6		22421
Невраховані витрати	Загальні	7,25		270418
Усього				2167074

Капітальні вкладення в пристрої складають 20% від вартості устаткування:

$$K_{\text{пр}} = 592000 \cdot 0,2 = 118400 \text{ грн,}$$

Розмір обігових коштів, які необхідні для безперервної виробничої діяльності цеху, розраховуються за елементами:

- виробничі запаси сировини, матеріалів;
- готова продукція;
- інші елементи.

Розмір капітальних вкладень у виробничі запаси матеріалів розраховано за формулою:

$$K_3 = M^{\text{пл}} \cdot n^3 / T_{\text{пл}}, \text{ грн.}$$

де: $M^{\text{пл}}$ – суми витрат на матеріали даного різновиду у плановому періоді, грн.;

n^3 - норма планового запасу матеріалів, днів;

$T_{\text{пл}}$ – кількість днів у плановому періоді.

Дані про суму витрат на матеріали зводимо до таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Визначення вартості основних матеріалів та флюсів

Назва матеріалу	Необхідний запас, т/рік	Вартість, грн./т	Вартість загальна
Феросиліцій (ФС45)	76,5	7400	566100
Алюміній чушковий АК	386,8	2400	737600

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сталевий брухт	175,5	2000	351000
Зворот власного виробництва	400	1400	560000
Феромарганець ФМн 1,5	76,5	8400	642600
Допоміжні матеріали для плявки сталі	10	15000	150000
Всього			3007300

Розмір капітальних вкладень у поточні виробничі запаси:

$$K_3 = 3007300 \cdot 20/360 = 167072 \text{ грн.}$$

Величину резервного технологічного запасу беремо у розмірі 50% від вартості оцінки планового запасу.

$$K_{p.3} = 0,5 \cdot 167072 = 83536 \text{ грн,}$$

Сума оборотних коштів у незавершеному виробництві розраховується таким чином:

$$\sum_{\text{об.}} K_{y.п.в.} = B_{\text{пл}} \cdot T_{\text{д}} \cdot K_{\text{нв}} / T_{\text{пл}},$$

де: $B_{\text{пл}}$ – виробництво товарної продукції у плановому періоді по виробничою собівартістю, грн.,

$T_{\text{д}}$ – тривалість циклу виготовлення продукції, днів;

$$\sum_{\text{об.}} K_{y.п.в.} = 3007300 \cdot 2 \cdot 0,8 / 360 = 81473 \text{ грн.}$$

Вартість всіх інших елементів оборотних коштів складає близько 25% від вартості планового запасу матеріалів.

$$K_{\text{ост}} = 0,25 \cdot 167072 = 41768 \text{ грн.}$$

Сумарний розмір оборотних коштів складає:

$$167072 - 83536 + 81473 + 41768 = 373849 \text{ грн.}$$

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

7.1 Визначення планової собівартості одиниці продукції

Розрахунок проводимо згідно з переліком калькуляційних статей цехової собівартості

1) Витрати силової електроенергії в кВт год/рік на виконання виробничих операцій визначаємо [7]:

$$E_c = (M_v \cdot F_E \cdot K_{3.B} \cdot K_{3.H} \cdot K_o) / K_c \cdot n,$$

де M_y – сумарна потужність електродвигунів, кВт;

F_E – ефективний фонд часу роботи електродвигунів за рік, год;

$K_{3,B}$ – коефіцієнт завантаження електродвигунів за часом;

K_0 – коефіцієнт одночасної роботи двигунів;

$K_{3.H}$ – коефіцієнт завантаження за потужністю;

K_c – коефіцієнт завантаження електродвигунів з розрахунком витрат електроенергії;

$$n = 0,95$$

$$E_c = (10560 \cdot 3890 \cdot 0,51 \cdot 1 \cdot 0,6) / (0,65 \cdot 0,95) = 714017,5 \text{ кВт год/рік}$$

Кількість електроенергії для освітлення приміщень:

$$E_0 = (C \cdot M_{cp} \cdot F_E \cdot K_c) / 1000, \text{ кВт год/рік,}$$

де: C – кількість ліхтарів, од.;

M_{cp} – середня потужність одного ліхтаря, кВт;

F_E – ефективний фонд часу роботи ліхтаря за рік, год.

$$E_o = M_n \cdot Fe \cdot n, \text{ кВТ /рік}$$

де M_n – потужність печей, кВт;

$$E_0 = 250 \cdot 0,7 \cdot 3720 \cdot 24500/1000 = 1594950 \text{ КВТ /рік}$$

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Баннікова				Економічний розділ			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Параєвськи								57	79
	й В.І.							НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.										
Затв.										

Визначаємо вартість електроенергії, враховуючи вартість 1 кВт · год електроенергії, яка складає 11,5 коп.

$$C_E = (1594950 + 714017 - 1319295) \cdot 0,115 = 113812,28 \text{ грн.}$$

Вартість стиснутого повітря для кожної одиниці устаткування визначається:

$$n = K_n \cdot P \cdot Fe \cdot k_1 \cdot K_3, \text{ м}^3/\text{год},$$

де: K_n – коефіцієнт, який враховує витрати повітря в трубопроводах;

P – витрати повітря за годину, м^3 ;

k_1 – коефіцієнт використання повітря;

K_3 – коефіцієнт завантаження приміщення;

$$n = 1,5 \cdot 403 \cdot 3720 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 191142,9 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрати на стиснуте повітря ведемо з розрахунку 6 грн. за 100 м^3 :

$$C_n = 1911 \cdot 6 = 11466 \text{ грн.}$$

Кількість води, що витрачається визначаємо з розрахунку $100 \text{ м}^3/\text{год}$ на технологічні:

45 л на одну особу за зміну (господарчі потреби), 3 л на полив 1 м^3 підлоги на добу.

Вартість води 2 грн. за 1 м^3 для технічної води та 3 грн. – для питної .

Розрахунок занесено до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 Визначення витрат на воду

Напрямок витрачання	Кількість од. обл.	Фонд часу, год	Норма витрат води, $\text{м}^3/\text{год}$	Річні витрати, $\text{м}^3/\text{год}$	Вартість, грн.
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОТРЕБИ					
Печі	5	3720	1,2	23340	280080

Газ для сушіння ковшів:

Середні витрати $220 \text{ м}^3/\text{год}$;

Загальні витрати

$$Q_r = 220 \cdot 3720 = 818400 \text{ м}^3,$$

Вартість газу визначаємо з розрахунку 1200 грн. за 1000 м^3 , вона дорівнює:

$$1200 \cdot 818,4 = 982080 \text{ грн.}$$

2) Витрати на допоміжні матеріали поділяються на:

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) витрати на матеріали для технологічного процесу складають 3070180 грн.
- б) витрати на матеріали для експлуатації устаткування 3529200 грн.;
- 3) Витрати на отримання в робочому стані на ремонт устаткування приймається у розмірі 10...20% від його балансової вартості:

$$1494646,5 \cdot 0,12 = 179357,6 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт будівель та споруд складають 2% від їх вартості.

$$(1167074 + 1494646) \cdot 0,015 \cdot 0,1 = 5493 \text{ грн.}$$

- 4) Розрахунок річних амортизаційних відрахувань представлено у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Групи основних фондів	Вартість фондів, грн.	Норми амортизаційних відрахувань, %	Вартість амортизаційних відрахувань, грн.
Будівлі споруди	2167074	5	108354
Основне та допоміжне устаткування	1494647	15	224197
Транспортні засоби	128000	25	32000
Оснастка та інвентар	54930	25	13733
Всього			346284

- 5) Транспортні засоби розраховуємо у розмірі на 1 т литва:

$$12 \cdot 3024 = 36288 \text{ грн.}$$

- 6) Витрати, пов'язані з забезпеченням охорони праці та техніки безпеки складають приблизно 30 грн. на кожного працівника: $192 \cdot 30 = 5760$ грн.

- 7) поштово – телеграфічні витрати визначаємо з розрахунку 50 грн. на одного службовця:

$$19 \cdot 50 = 950 \text{ грн.}$$

- 8) Витрати на дослідження та випробовування слід приймати рівними 5% від основної заробітної плати основних робітників:

$$2228240 \cdot 0,05 = 111412 \text{ грн.}$$

- 9) Витрати на винахідництво та раціоналізацію приймаються рівними 80 грн. на кожного працівника:

$$53 \cdot 80 = 4240 \text{ грн.}$$

- 10) Інші невраховані витрати можна приймати рівними 8 - 15 грн. на тонну литва:

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$10 \cdot 500 = 5000 \text{ грн.}$$

результати розрахунку загально виробничих цехових витрат зводимо до таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Загальні виробничі витрати по цеху

Найменування статті витрат	Сума, тис грн.
Заробітна плата(основна та додаткова):	
1 – допоміжних працівників	2581
2 – управлінського персоналу	850
Відрахування у соціальні фонди (39,55%)	640,6
Енергетичні витрати:	
1 – електроенергія	55,4
2 – стиснуте повітря	255,3
3 – вода	280
4 - газ	1026
Допоміжні матеріали	
1 – матеріал для здійснення технологічного процесу	91,7
2 – матеріали для експлуатації устаткування	50
3 – матеріали для цехових потреб	12,14
Ремонт та утримання в робочому стані	
1 – устаткування	179,4
2 – будівлі	43
3 - інвентарю	5,4
Амортизація:	
1 – устаткування	224
2 – будівлі	108
3 - інвентарю	13,7
Транспортні витрати	36
Витрати на дослідження, випробування	111
Витрати на охорону праці	6
Витрати на винахідництво та раціоналізацію	4
Поштово – телеграфні та канцелярські витрати	0,9
Інші витрати	15
Всього	6588,5

Таблиця 7.4 – Планова калькуляція собівартості 1 т рідкого металу та придатної продукції

Найменування статей витрат	% до металозава лки	Кількість на 1 т виливків, т	Планова ціна за 1 т, грн	Вартість на 1 т, грн
1	2	3	4	5
1. Металева шихта:				

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– сталевий брукт	60,2	0,864	5500	4752
- зворот власного	35	0,500	2800	1400
виробництва	3	0,038	2400	91,2
- чавун переробний	0,8	0,011	14800	162,8
- феросиліцій ФС45	0,8	0,011	16800	184,8
- феромарганець ФМн 1,5	0,2	0,0028	32600	91,28
- алюміній А88 для розкислення				
Разом	100	1,428	-	6682
2. Відходи власного виробництва	-	0,371	1400	519
3. Флюс універсальний	-	65	5700	
4.Заробітна плата плавильника, залівальника, шихтувальника	-	-	-	906752
5. Відрахування у соціальні фонди (39,55%)	-	-	-	358620
6. Енергоносії	-	-	-	113812
Всього				1393067

7.2 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такі показники економічної ефективності:

1 – трудомісткість продукції:

$$t = \text{Ч}_{\text{осн}} \cdot \Phi^{\text{пл}}_{\text{ор}} / Q, \text{ нормо} \cdot \text{год} / \text{т},$$

де $\text{Ч}_{\text{осн}}$ – чисельність основних робітників, чол.;

$\Phi^{\text{пл}}_{\text{ор}}$ – плановий час роботи робітника за рік, год;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t = 32 \cdot 1700 / 500 = 108,8 \text{ нормо} \cdot \text{год/т},$$

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [8].

Головною метою охорони праці є створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Метою даного розділу є аналіз шкідливих виробничих факторів та небезпечних виробничих факторів, які можуть мати місце при роботі плавильного відділення ливарного цеху заводу, та розроблення заходів і засобів, які спрямовані на мінімізацію їх несприятливого впливу на працюючих.

8.1 Організаційні питання охорони праці на підприємстві

Основні положення щодо охорони праці наведені в Законі України «Про охорону праці».

Згідно статті 13 Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити на робочому місці та у кожному структурному відділенні умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечення нормативно-правових вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці [9].

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Баннікова			Охорона праці		Літ.	Аркуш
Перев.		Зацарний						Аркушів
		В.В.					63	79
Н. Контр.							НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51	
Затв.								

На підприємстві передбачені заходи, що забезпечують:

- рівні шуму на робочих місцях за ГОСТ 12.1.003-83 та відповідно до санітарних норм ДСП 3.3.6.037-99;
- вміст пилу в повітрі робочої зони за ГОСТ 12.1.055-88;
- метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень за ГОСТ 12.1.005-88;
- мікроклімат відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Оскільки у ливарному цеху кількість працюючих менше 20 осіб, то згідно статті 15 Закону України «Про охорону праці», роботодавець для виконання функцій створює службу охорони праці до якої можуть залучатися сторонні спеціалісти, які мають певну підготовку [10].

Начальник цеху є відповідальним за техніку безпеки у цеху.

8.2 Аналіз параметрів приміщення

Схематичний план ливарного цеху зображено на рис 8.1.

Цех розміщується на 2 поверхах. В будівлі знаходяться плавильне відділення (оснащене індукційними сталеплавильними печами ІСТ-016); сумішоприготувальне-заготівельне відділення; відділення фінішних операцій та відділення оброблення. На другому поверсі розташовується сумішоприготувальне-заготівельне відділення площею 470 м², на першому поверсі розташовано 3 відділення, а саме: відділення фінішних операцій площею 100 м², плавильне відділення площею 300 м² та відділення оброблення площею 300 м².

У плавильному відділенні розташовані індукційні печі для плавлення металів та конвеєр для спікання форм, відділення для кінцевого механічного оброблення виливків в ньому ж відбувається складання їх в мішки та подальшого транспортування.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

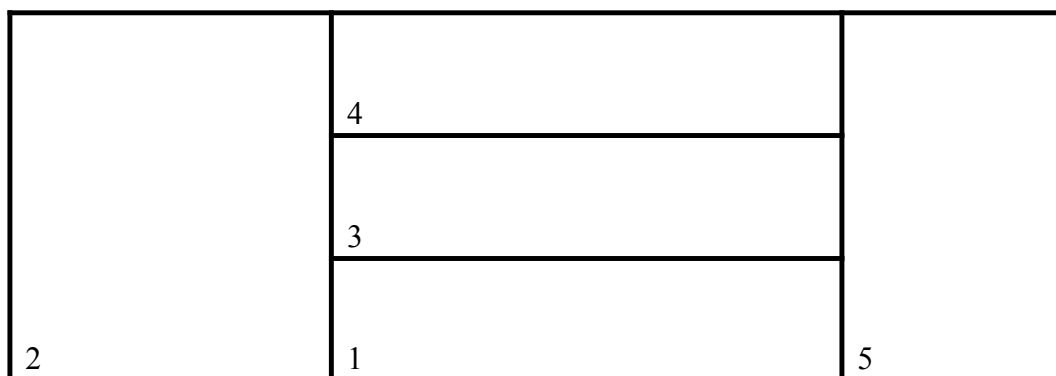


Рисунок 8.1- Схема компоновки ливарного цеху

1 – відділення оброблення; 2 – плавильне відділення; 3 – сумішоприготувальне-заготівельне відділення; 4 – відділення фінішних операцій 5 – відділення термічної обробки

Оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря наведені в табл. 8.1, що регламентується ДСН 3.3.6.042-99.

Таблиця 8.1 – Оптимальні та допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		факт	допуст.	факт	допуст.	факт	допуст.
Холодний	ІІб, ІІІ	17...19	15...21	40...60	70	0,3	0,4
Теплий		20...22	15...27	40...60	75	0,2	0,2...0,5

Значення параметрів мікроклімату суттєво впливають на самопочуття , рівень травматизму та працездатність людини. Тривала дія високої температури повітря при одночасно підвищеній вологості призводить до підвищення температури тіла людини до 38...40 °С, внаслідок чого це призводить до фізіологічних порушень в організмі людини таких як: зміни у серцево-судинної

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системі, обміну речовин, зміни функцій внутрішніх органів, системі дихання, порушення центральної та периферичної нервових систем Відповідно до санітарних норм ДСН 3.3.6.042-99, в приміщенні плавильного відділення, мікроклімат відповідає санітарним нормам. Для забезпечення дотримання вимог використовується природна вентиляція , витяжна вентиляція та засоби індивідуального захисту , такі як спецодяг спецвзуття , респіратори, рукавиці для рук , засоби для захисту обличчя .

8.3 Аналіз освітленості приміщення

Світло – один із суттєвих чинників виробничого середовища, завдяки якому забезпечується зоровий зв'язок працівника з його оточенням.

У плавильному відділенні, що проектується, має місце штучне та природне освітлення.

У відповідності до ДНБ В.2.5-28-2006, освітленість приміщень для робіт з матеріалами, що світяться (рідкий метал), за розрядом зорової роботи – VII: штучне освітлення при системі загального освітлення складає 200 лк (сукупність нормованих величин показника освітленості та коефіцієнта пульсації: $P=40$, $K_p=20\%$).

Природне освітлення поділяється на: бокове (одно- або двостороннє), що здійснюється через світлові отвори (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє - через ліхтарі та отвори в дахах перекриттях; комбіноване - поєднання верхнього та бокового освітлення. У плавильному відділенні природне світло бокове одностороннє, здійснюється через вікна та ворота однієї з стін відділення. При системі комбінованого штучного освітлення необхідно, щоб світильники створювали не менше 10% нормованого освітлення. Затемнення робочих місць мостовими кранами має бути компенсоване допоміжними світильниками, установленими на еластичних підвісках на кранах. Освітленість на шкалах пристроїв управління печами передбачається не менше 500 лк при люмінесцентних лампах і 300 лк при лампах розжарювання. Освітлення від

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світильників на пультах управління не менше 150 лк при люмінесцентних лампах і 50 лк при лампах розжарювання [8].

Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, зниженню виробничого травматизму.

8.4 Аналіз шуму та вібрації

Устаткування, яке встановлено у відділенні, являється джерелом шуму та вібрації.

Шум – це сукупність звуків різноманітної частоти та інтенсивності, що виникають в результаті ковалентного руху частинок у пружному середовищі. У відповідності до ДСН 3.3.6.037-99, максимально припустимий рівень шуму у виробничих відділеннях має не перевищувати 80 дБ.

Шум призводить до захворювань органів слуху, нервової і серцево-судинної систем, тому все встановлене в цеху обладнання повинне відповідати вимогам до шумових характеристик згідно ГОСТ 12.1.003 – 83. Для зменшення шуму, згідно ГОСТ 12.1.003 – 83, встановлюємо віброізолюваний фундамент і амортизатори під обладнання, для попередження передачі вібрації на будівельні конструкції; відокремлюють менш шумні ділянки і конторські приміщення стінками і перегородками, які мають досить велику звукоізоляцію. Для зменшення впливу шуму на працівників використовуємо засоби індивідуального захисту (навушники).

Вібрація – це механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем. У плавильному відділенні індуктор індукційної печі є джерелом вібрації. До лікувально-профілактичних заходів відносяться: масаж; заходи, які загально укріплюють організм; гідропроцедури. Вібрація має властивість акумуляції (накопичення в організмі) .

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зменшення вібрації встановлюють віброізолюваний фундамент і амортизатори під обладнання, для попередження передачі вібрації на будівельні конструкції; відокремлюють ділянки і приміщення стінками і перегородками., які мають досить велику звукоізоляцію. Використовують засоби індивідуального захисту [10].

8.5 Аналіз загазованості та запиленості

У плавному відділенні, існують шкідливі та небезпечні фактори трьох груп: фізичні, хімічні і психофізіологічні, згідно з ГОСТ 12.0.003-74.

До фізичних небезпечних факторів, які зустрічаються у відділенні, відносяться рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання, вироби і заготовки матеріалу, які пересуваються.

Концентрація газів спостерігається на заливальній ділянці, коли після заливання металу в форму суміш вигорає, розпадаються її складові або складові протипригарних фарб.

Виділення пилу відбувається при руйнуванні керамічних форм, повітря значною мірою забруднене кварцовим пилом. Пил, який виділяється при вибиванні форм, призводить до захворювань дихальних шляхів.

У відповідності до ГОСТ 12.1.007–81, шкідливі речовини, що виділяються при роботі відділення можна, віднести до двох (III, IV) з чотирьох класів небезпеки в залежності від ГДК (гранично допустима концентрація), яка визначається за ГОСТ 12.1.005-88.

Для зменшення дії шкідливих речовин на працівників у відділенні встановлена припливно-витяжна вентиляція, також застосовуються респіратори.[10]

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.6 Теплове випромінювання

Основним джерелом теплового випромінювання є індукційні печі. Для захисту робітника йому видається безкоштовний спецодяг: брезентовий або х/б костюм, черевики шкіряні з гумовим носком, противошумові навушники або біруші, рукавиці брезентові, респіратор, каска захисна, окуляри захисні.

Установлено, що близько 60% усього тепла, що втрачається, поширюється в навколишньому середовищі шляхом інфрачервоного випромінювання. На робочих місцях при стабільних джерелах доцільно заміряти інтенсивність випромінювання на різних відстанях від джерела з однаковими інтервалами і визначати тривалість опромінення робітників. Оскільки інфрачервоне випромінювання нагріває навколишні поверхні, створюючи вторинні джерела, які виділяють тепло, то необхідно вимірювати інтенсивність випромінювання не тільки на постійних робочих місцях або в робочій зоні, але і в нейтральних точках та інших місцях приміщення. Сумарна допустима інтенсивність випромінювання не повинна перевищувати 350 Вт/м². В нашому випадку інтенсивність випромінювання на відстані 200 см складає 140 Вт/м², і знаходиться в межах норми [10]

8.7 Електробезпека

Джерелами ураження електричним струмом на території плавильного відділення є електричні установки, а саме індукційні печі. Джерелами ураження електричним струмом є: провідники з пошкодженою ізоляцією, невиконання техніки безпеки при роботі з електричним устаткуванням, невідповідність засобів захисту електричного устаткування вимогам безпеки.

За ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом відділення можна віднести до класу приміщень з особливою небезпекою, що обумовлено наявністю струмопровідних підлог, високої температури, можливістю дотику людини до металоконструкцій корпусів електрообладнання та ін.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електричні травми можуть причиняти наступні фактори:

- невідповідність електроустановок, засобів захисту і приладів вимогам безпеки;

- невиконання технічних заходів безпеки;

- організаційно-соціальні причини.

Як безпосередні причини потрапляння працівників під напругу виділяють:

- дотик до неізольованих струмовідних частин електроустановок, які знаходяться під напругою, або до ізольованих при фактично пошкодженій ізоляції – 55%;

- дотик до неструмовідних частин електроустановок або до електрично зв'язаних з ними металоконструкцій, які опинились під напругою в результаті пошкодження ізоляції – 23%;

- дія напруги кроку – 2,5%;

- ураження через електричну дугу – 1,2%;

- інші причини – менше 20% [10].

Безпека експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок забезпечується наступними захисними заходами: застосуванням ізоляції, недоступністю струмопровідних частин, застосуванням малих напруг, захисного заземлення як основного вид захисту людини від ураження електричним струмом в разі порушення ізоляції і пробою напруги на металевий корпус, використанням електрозахисних засобів.

8.8 Пожежна безпека

Основні причини виникнення пожежі в ливарному цеху – загорання електропроводки, використання легкозаймистих речовин, наявність відкритого джерела вогню. Категорія приміщення за пожежною безпекою Г , відповідно до ДБН В.1.1-7- 2016 Тобто , негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виділенням променистого тепла, іскор і полум'я; горючі гази (ГГ), рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо [10].

У приміщенні ливарного цеху може горіти можливою причиною виникнення пожежі: запалення газів при плавленні сплавів, запалення легко летучих матеріалів, коротке замикання.

При виникненні пожежі необхідно мати вогнегасники ОУ – 2, ОУ – 5, ОУ – 8 або ОП – 1, ОП – 2, ОП – 5, ОП – 10 [8].

Для забезпечення в цеху пожежної безпеки передбачені наступні заходи:

- навколо цеху має бути розміщений зовнішній водопровід, який має гідранти, розташовані через 100 м;
- біля цеху мають бути передбачені проїзні дороги;
- біля можливих місць виникнення пожежі розміщується такий інвентар: ящики, пожежні ломи, багри, сокири, азбестове полотно;
- всі ємності з паливом та вибухонебезпечними речовинами ізолювані і розташовані на необхідній відстані від можливих джерел появи полум'я;
- на випадок виникнення пожежі передбачена сигналізація та прямий телефонний зв'язок з пожежною охороною.

На рис. 8.2 зображений план відділення із схемою евакуації.

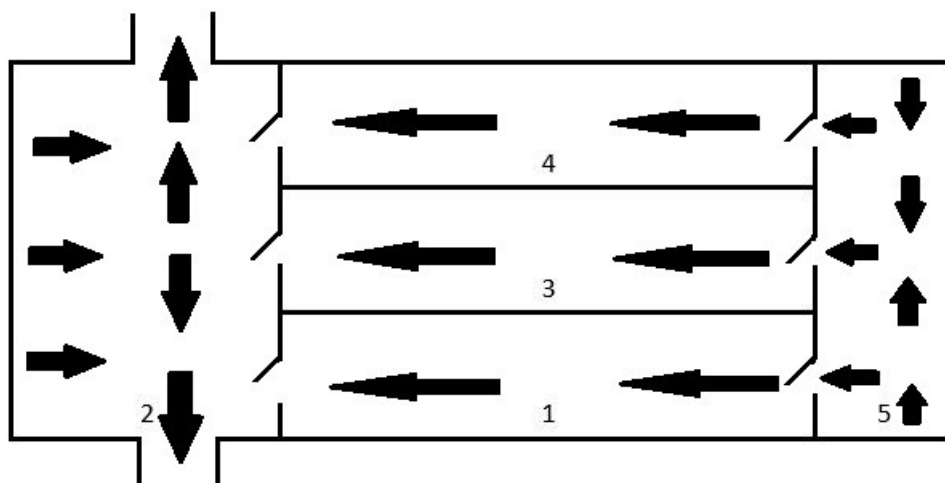


Рисунок 8.2-Схема евакуації цеху

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В даній роботі проведений аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які передбачають умови, при яких може виникнути небезпека ураження організму. Запропоновано заходи для уникнення травмування.

Отже, на основі вище зазначеного можна зробити висновок, що мікроклімат, організація робочого місця, освітлення в відділенні відповідають вимогам санітарних норм. А рівень шуму, вібрацій та випромінювання не перевищує допустимих норм .

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті розроблено технологію виготовлення виливка «Кронштейн» та на основі розрахунків спроектовано плавильне відділення ливарного цеху. Проект можна рекомендувати для переобладнання існуючого цеху або для проектування цеху із серійним типом виробництва.

Впровадження у плавильному відділенні більшої кількості технологічного устаткування дає можливість застосовувати прогресивні технологічні процеси виготовлення виливків методом лиття за моделями, що витоплюються.

Розроблено технологічний процес виготовлення виливка «Кронштейн» методом лиття за моделями, що витоплюються, який можна рекомендувати для виробництва аналогічних виливків зі сталі.

Запроваджено більш механізовані ділянки трудомістких технологічних процесів, що збільшує продуктивність устаткування та продуктивність праці .

Розроблено вдосконалені заходи з охорони праці при виконанні робіт, пов'язаних з дією шкідливих і небезпечних виробничих факторів, покращено умови праці у плавильному відділенні .

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Баннікова				Висновки			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ямшинський									
	М.М.								71	77
Н. Контр.								НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Затв.										

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.Методичні вказівки до виконання дипломного проекту за освітньо-кваліфікаційним рівнем підготовки «бакалавр».. Напрямок підготовки 6.050402 – Ливарне виробництво /Уклад.: Г.Є. Федоров, В.М. Дробязко, Л.М. Сиропошнєв, М.М. Ямшинський. – К.: «Політехніка», 2011. – 67с.

2.Специальные технологии литья: учебник для вузов / Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин. // М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2010. – 367 с.;

3.Проективання ливарних цехів. Ч.1: підручник / Г.Є. Федоров, М.М. Ямшинський, В.Г. Могилатенко [та ін.]. — К.: НТУУ «КПІ», 2011. — 588 с.

4.Индукционные тигельные печи / Иванова Л.И., Грובה Л.С., Сокунов Б.А., Сарапулов С.Ф. - УГТУ - УПИ, 2002. 87 с

5.Литье по выплавляемым моделям / Шкленник Я.И., Озеров В.А. – МАШГИЗ, 1961. - 452 с.

6. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов.– М: Машиностроение – 1977. – 510 с.;

7.Методичні вказівки до розрахунку дипломного проекту / Нараєвський С.В. – НТУУ «КПІ», 2017.- 12 с.

8.Зацарний В.В. Конспект лекцій з дисципліни «Основи охорони праці»./ К.: 2016 – 74 с.

9 .<http://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12>

10. Злобинский Б.М. Охрана труда в металлургии. / Злобинский Б.М // М.: Металлургия – 1975. – 536 с.

					ФЛ51.5101.1110.0000ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Баннікова				Перелік посилань		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ямшинський							74	79
	М.М,						НТУУ «КПІ», ІФФ, ФЛ-51		
Н. Контр.									
Затв.									

ДОДАТКИ

[illegible]

[illegible]

					ФЛ51.5101.1110.0003 ДП						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.	Баннікова Є.С.				Прес – форма для виготовлення моделі				Літера	Аркуш	Аркуші
Перев.	Ямшинський М.М.										
Т.контр.											
Затв.	Федоров Г.Є..								НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ІФФ, ФЛ- 51		

[illegible]

р.	Г.Є.		
Заме.			

ІФФ, ФЛ- 51